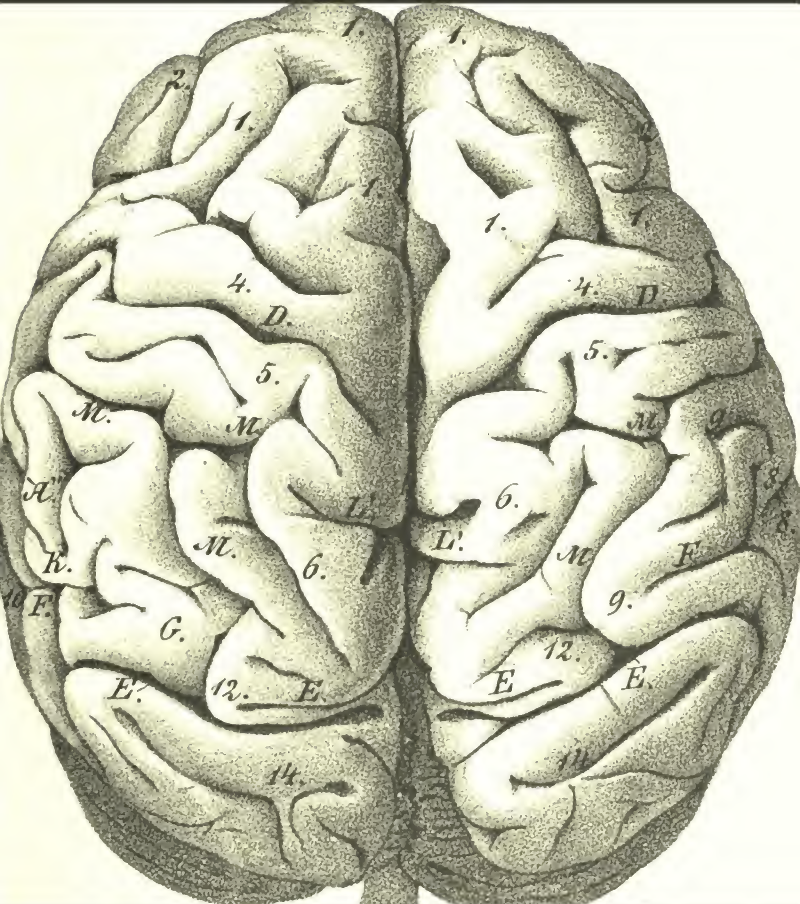



# Sitzungsberichte der Mathematisch-Physikalischen ...

Königlich Bayerische Akademie der Wissenschaften
Mathematisch-Physikalische Klasse

# Sitzungsberichte

der

## mathematisch-physikalischen Classe

der

## k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band VII. Jahrgang 1877.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1877.

In Commission bei G. Franz.

# Uebersicht

## des Inhalts der Sitzungsberichte Band VII
## Jahrgang 1877.

---

*Oeffentliche Sitzung zur Feier des 118. Stiftungstages der k. Akademie am 28. März 1877.*



---

*Sitzung vom 3. März.*



*Sitzung vom 10. März.*



*Sitzung vom 5. Mai.*

## *Sitzung vom 2. Juni.*



## *Sitzung vom 7. Juli.*



## *Sitzung vom 3. November.*



## *Sitzung vom 1. December.*

# Sitzungsberichte

der

# königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

---

Sitzung vom 3. März 1877.

## Mathematisch-physikalische Classe.

---

Herr Prof. v. Jolly legt vor und bespricht die Abhandlung:

„Ueber die elektrische Influenz auf nichtleitende feste Körper von A. Wüllner, corresp. Mitgliede".

1.

Vor einiger Zeit hatte ich die Ehre der Akademie einige Versuche mitzutheilen [1]), aus denen sich ergab, dass die flüssigen Nichtleiter in ähnlicher Weise elektrisch influenzirt werden, wie die flüssigen Leiter; dass in Bezug auf die elektrische Influenz die Nichtleiter von den Leitern sich nur in soweit unterscheiden, dass während bei den letztern die Influenz momentan in ihrer ganzen Stärke auftritt, bei den erstern dieselbe eine längere Zeit braucht um denselben Werth zu erreichen. Es ergab sich das daraus,

---

1) Sitzungsberichte der k. b. Akademie zu München (math.-phys. Classe) Bd. V. p. 147 (Juni 1875).

dass das Potential in einer elektrisirten, mit dem Sinuselektrometer verbundenen Metallplatte, welche über einer flüssigen Platte von immer derselben Form in immer gleicher Entfernung schwebte, immer in demselben Verhältnisse vermindert wurde, sowohl, wenn die Flüssigkeit leitend als auch wenn sie nichtleitend war. Es wurde nämlich das Potential der frei schwebenden Platte am Sinuselektrometer beobachtet, $V_1$; es wurde dann diese Platte bis zu einem bestimmten bei allen Versuchen constanten Abstande über der Flüssigkeit herabgelassen und das Potential der Platte in dieser Lage am Sinuselektrometer beobachtet gleich V. Bezeichnet man nun das Potential der in der Flüssigkeit influenzirten Elektricität auf die elektrisirte Platte resp. auf das immer gleiche elektrische System, von welchem die Platte ein Theil ist, mit $V_2$, so ist

$$V = V_1 + V_2$$

Da nun immer

$$V_2 = a V_1$$

gesetzt werden kann, wenn a die von der Platte ausgeübte Influenz bedeutet, für den Fall, dass bei den gegebenen Umständen die influenzirende Platte das Potential Eins besitzt, so ist

$$V = V_1 (1 + a)$$

$$\frac{V}{V_1} = 1 + a$$

Dieser Quotient 1 + a wurde nun immer derselbe, einerlei ob die Platte aus einer leitenden oder nichtleitenden Flüssigkeit bestand, ein Beweis, dass bei hinreichender Dauer die nichtleitenden Flüssigkeiten durch Influenz bis zu demselben Grade elektrisirt werden wie die leitenden.

Im Anschlusse an diese Beobachtungen erlaubte ich mir gleichzeitig einige vorläufige Versuche über die Influenz auf feste Isolatoren mitzutheilen, welche den Beweis zu liefern schienen, dass auch dort die Elektrisirung bei

dauernder Influenz stetig zunimmt, aber nicht bis zu jenem Werthe, welche sie in den Leitern erreicht. Ich habe diese Versuche seitdem weiter verfolgt und die mit der Zeit wachsende Influenz bei einer Anzahl von festen Isolatoren, so genau es eben geht, messend verfolgt. Die Frage gerade nach dieser mit der Zeit wachsenden Influenzirung schien mir, ausser dem Interesse, das sie an sich bietet, auch für unsere theoretischen Anschauungen nicht ganz ohne Bedeutung zu sein. Bei den meisten theoretischen Entwickelungen von Fragen, bei denen die Isolatoren eine Rolle spielen, und in den neueren elektrischen Untersuchungen wird die Rolle der Isolatoren eine immer wichtigere, betrachtet man die Isolatoren als Dielektrica im Sinne der ursprünglich von Faraday ausgesprochenen Anschauung. Man setzt voraus, dass jeder Isolator ein bestimmtes Inductionsvermögen habe, und führt den Einfluss desselben in die Rechnung durch die sogenannte Dielektricitätsconstante ein, welche das Mass der dielektrischen Polarisation ist. Die Grösse der letzteren ist davon abhängig ein wie grosser Theil der in der Volumeinheit des Isolators vorhandenen Moleküle vollkommen leitend sind.

Die sich in der Rückstandsbildung zeigende Zunahme der Influenz mit wachsender Dauer der Einwirkung sieht diese Auffassung als einen Vorgang ganz anderer Ordnung an, man betrachtet ihn als dielektrische Nachwirkung oder als eine mit der Zeit wachsende Influenz in den die leitenden Moleküle trennenden nicht vollkommen isolirenden Molekülen. Ein Zusammenhang zwischen den beiden Erscheinungen ist nur in soweit vorhanden, dass je vollkommener das Dielektricum, je grösser die Dielektricitätsconstante ist, um so geringer die dielektrische Nachwirkung sein muss.

Sollte sich nun aber herausstellen, dass bei allen Isolatoren die Influenz mit der Zeit ziemlich gleichmässig

wächst, aber um so schneller, je grösser auch die momentane Influenz ist, so würde die andere Auffassung der Isolatoren, dass sie von den Leitern sich nicht qualitativ unterscheiden, dass sie nur schlechte Leiter sind, als die richtigere erscheinen.

Ich habe desshalb eine Anzahl von Isolatoren, deren Dielektricitätsconstanten nach den vorliegenden Untersuchungen ziemlich verschieden sind, nach dieser Richtung hin der Messung unterzogen.

## Methoden der Messung.

### 2.

Die einfachste und direkteste Methode, nach welcher die Influenz in einem sogenannten Isolator bestimmen kann, ist die, dass man das Potential der im Isolator influenzirten Elektricität auf eine leitende Platte bestimmt, und zwar auf jene, welche selbst die Influenzwirkung im Isolator hervorruft. Ist V das Potential der Elektricität in der Collectorplatte eines plattenförmigen Ansammlungsapparates, wenn der Zwischenraum zwischen den Platten mit Luft gefüllt ist, und wird $V_1$ das Potential, wenn die Luft durch einen andern Isolator ersetzt wird, so folgt lediglich aus der Annahme, dass die Influenz im Isolator dem Potential der influenzirenden Elektricität proportional ist

$$V_1 = V(1 - \alpha).$$

Es ist $-\alpha V$ das Potential der im Isolator influenzirten Elektricität auf die leitende Platte. Die Grösse $\alpha$ ist somit das Mass der Influenz im Isolator, es ist das Potential der im Isolator influencirten Elektricität auf die influenzirende Platte, wenn dieselbe bis zum Potentialwerth Eins geladen ist. Ist der Zwischenraum zwischen den leitenden Platten nicht ganz mit dem betreffenden Isolator ausgefüllt, so geht das Potential $V_1$ über in $V_2$, so dass

$$V_2 = V(1 - a)$$

worin $a < \alpha$. Ist der Abstand der leitenden Platten von den Flächen des Isolators nicht zu gross, nicht grösser als dass für diesen Abstand noch die Theorie des plattenförmigen Ansammlungsapparates in der einfachen Form angewandt werden kann, dass man also die Abstände der Flächen als hinreichend klein gegen den Durchmesser der Platten ansehen darf, so kann man setzen

$$a = \alpha \frac{\delta_1}{\delta}$$

wenn $\delta$ der Abstand der leitenden Platten und $\delta_1$ die Dicke des Isolators ist. Dieser Gleichung liegt nur die Annahme zu Grunde, dass die im Isolator durch Influenz geschiedenen Elektricitäten sich auf den beiden den leitenden Flächen parallelen Grenzflächen des Isolators befinden. Aber selbst, wenn man diese Annahme nicht ohne weiters zugeben will, bleibt obige Gleichung bestehen, wenn man a als das Mass des elektrischen Zustandes der Grenzflächen des Isolators definirt, welcher nach aussen, resp. auf die influenzirende Platte genau so wirkt, wie die im Isolator durch Vertheilung wirklich geschiedene Elektricität. Man wird daher stets, wenn $\delta - \delta_1$ nur hinreichend klein ist, aus einem beobachteten Werthe a den Werth von $\alpha$ aus der Gleichung

$$\alpha = a \frac{\delta}{\delta_1}$$

berechnen können. Es genügt somit die Grösse a bei verschiedener Dauer der Influenz zu beobachten.

Die hierdurch gegebene Methode zur Bestimmung der Influenz in Nichtleitern habe ich in zwei verschiedenen Formen angewandt. Die eine derselben stimmt im wesentlichen überein mit derjenigen, nach welcher ich die Influenz in Flüssigkeiten gemessen habe. Das Potential einer elektrisirten, als Collectorplatte dienenden, mit dem Sinuselektrometer verbundenen Platte wurde gemessen, wenn

zwischen den Platten des Ansammlungsapparates Luft war, und wenn die Luft zum Theil durch eine isolirende Platte ersetzt war. Die Condensatorplatte des Ansammlungsapparates lag auf dem Glasring des in meiner Mittheilung über die Influenz auf Flüssigkeiten erwähnten ganz aus Glas hergestellten Gefässes. Mit Hilfe von Stellschrauben, die in der Bodenplatte des Gefässes angebracht waren, konnte diese, durch einen Draht mit den Gasleitungen des Laboratoriums leitend verbundene Platte genau horizontal gestellt werden. Auf diese Platte wurden die verschiedenen isolirenden Platten gelegt, welche möglichst genau planparallel hergestellt waren, so dass also auch die obere Fläche des Isolators möglichst genau horizontal war. Ueber der Condensatorplatte resp. der isolirenden Platte schwebte, an dem ebenfalls in der erwähnten Mittheilung beschriebenen Gelagen befestigt, die Collectorplatte, welche durch einen äusserst feinen, etwa 0,05 Mm. dicken Golddraht mit dem Sinuselektrometer verbunden war. Die Platte konnte an dem Galgen auf und niedergelassen werden; in ihrer höchsten Stellung war sie von der abgeleiteten Platte resp. der obern Fläche des Isolators etwa 12 Centim. entfernt. Ihre tiefste Lage war durch eine feine an dem Galgen befestigte Schraube, in welche die Tragschnüre eingehakt wurden, verstellbar, und sie konnte so in einem genau bestimmbaren Abstande über der Condensatorplatte oder der obern Fläche der isolirenden Platte festgestellt werden. Dieser Abstand wurde gemessen durch ein Glasgitter, welches in dem Oculare eines Mikroskopes angebracht war; das Mikroscop war sn eingestellt, dass der Abstand der Theilstriche des Gitters 0,059 Mm. bedeutete. Um sich zu überzeugen, dass die obere Platte der untern resp. der obern Fläche der isolirenden Platte parallel war, wurden die entsprechenden Abstände in zwei zu einander senkrechten Richtungen gemessen. Damit diese Messungen gemacht werden konnten,

war bei den meisten Versuchen der Durchmesser der isolirenden Platten genau gleich demjenigen der leitenden Platten gemacht, nämlich 11,5 Centim.

Es wurde nun die obere in ihrer höchsten Lage schwebende Platte mit Elektricität geladen und das Potential einige Zeit am Elektrometer verfolgt, um so den Elektricitätsverlust kennen zu lernen und das Potential im Momente des Herablassens über den Isolator bestimmen zu können. Nach dem Herablassen der Platte wurde dann so rasch wie möglich, meistens schon nach 20 Secunden wieder das Potential am Sinuselektrometer beobachtet, und dann der Gang desselben in bestimmten Intervallen beobachtet. Nach hinreichender Zeit wurde dann die Platte wieder emporgezogen und das Potential der freischwebenden Platte gemessen. Diese letzte Beobachtung hatte hauptsächlich den Zweck den Elektricitätsverlust während der Dauer des Versuches in Rechnung zu ziehen, wie ich das in meiner Mittheilung über den elektrischen Rückstand auseinandergesetzt habe [2]). Indem man die allerdings nur annähernd richtige Voraussetzung macht, dass der Verlust in gleichen Zeiten dem in der betreffenden Zeit vorhandenen Potential proportional ist, lässt sich aus der unmittelbar vor dem Niederlassen der Platte und nach dem Aufziehen derselben gemachten Beobachtung das Potential der Platte für jeden zwischen diesen Beobachtungen liegenden Zeitpunkt berechnen.

Die Beobachtung wurde dann damit geschlossen, dass nach Fortnahme der isolirenden Platte die elektrische Platte wieder in die frühere Lage herabgelassen und so das Potential derselben gemessen wurde, wenn zwischen den beiden Platten des Condensators Luft vorhanden war.

---

2) Poggend. Ann. Bd. CLIII. p. 22.

3.

Die so gemessenen Potentiale, wenn zwischen den Platten des Condensators der Isolator eingeschoben, und wenn der Raum zwischen denselben mit Luft gefüllt ist, lassen nicht unmittelbar die Grösse a wie sie oben definirt ist, ableiten. Es würde das nur dann der Fall sein, wenn die im Elektrometer, welches mit der Platte leitend verbunden ist, vorhandene Elektricitätsmenge gegen die in der Platte vorhandene verschwindend klein wäre. Ist das nicht der Fall, so fliesst aus dem Elektrometer Elektricität in die Platte hinüber, sobald in der Collectorplatte das Potential vermindert wird und um so mehr, je mehr das Potential vermindert wird, da in leitend verbundenen Körpern das Potential überall denselben Werth haben muss. Da nun der Einfluss des Isolators auf die Collectorplatte eine Verminderung des Potentials in derselben bewirkt, so fliesst aus dem Elektrometer eine grössere Menge von Elektricität in dieselbe, wenn sich der Isolator zwischen den Platten befindet, als wenn der Zwischenraum mit Luft gefüllt ist. Es entspricht also das bei Zwischenlegung des Isolators gemessene Potential der Collectivplatte einer grössern in derselben vorhandenen Elektricitätsmenge als jenes welches gemessen wird, wenn der Zwischenraum gefüllt ist.

Es hat indess keine Schwierigkeit auf Grund bekannter Sätze die Grösse a aus diesen Beobachtungen abzuleiten, wenn man weiss, wie sich bei freischwebender Collectorplatte eine elektrische Ladung zwischen dieser und dem Elektrometer theilt, welches also das Verhältniss zwischen den Capacitäten der Platte und des Elektrometers ist, wenn man in bekannter Weise als Capacität eines elektrischen Systems jene Elektricitätsmenge bezeichnet, welche dasselbe enthält, wenn es bis zum Potentialwerthe Eins geladen ist.

4.

Das Verhältniss zwischen den Capacitäten der Collectorplatte und des Elektrometers erhält man direkt, wenn man zunächst das Elektrometer isolirt ladet, das Potential der Ladung beobachtet, dann dasselbe durch einen feinen Draht mit der Collectorplatte in Verbindung setzt und wieder das Potential misst, nachdem die dem Elektrometer ertheilte Ladung sich zwischen diesem und der Platte getheilt hat. Bezeichnet man die Capacität des Elektrometers mit E, so ist die einem beobachteten Potential V entsprechende in demselben enthaltene Elektricitätsnenge Q

$$Q = E \,.\, V.$$

Verbindet man dann das Elektrometer durch einen feinen Draht mit der Platte, so theilt sich die Elektricität zwischen Platte und Elektrometer, vorausgesetzt, dass wir einen Draht von solcher Feinheit wählen, dass wir die auf diesen übergehende Elektricität als verschwindend klein ansehen können. Beobachtet man dann im Elektrometer des Potential $V_1$, so wird, wenn man die Capacität der Platte mit P bezeichnet,

$$Q = (E + P)\, V_1$$

somit

$$\frac{P}{E} = \frac{V}{V_1} - 1.$$

Zur Bestimmung dieses Verhältnisses wurde in der angegebenen Weise verfahren. Der äusserst feine Verbindungsdraht zwischen Elektrometer und Collectorplatte wurde an ein feines Schellakstiftchen gekittet und vom Elektrometer losgenommen und dann das Elektrometer geladen. Nachdem der Rand der Nadel im Sinuselektrometer beobachtet war, wurde dann der Verbindungsdraht in das Elektrometer eingehängt, und wieder der Stand der Nadel beobachtet. Dass durch das Schellackstäbchen keine Ableitung der Elektricität eintrat, davon überzeugte man sich dadurch, dass

eine Berührung desselben mit der Hand, nachdem der Verbindungsdraht mit dem Elektrometer verbunden war, den Stand der Nadel im Elektrometer nicht veränderte. Zwei Beobachtungen ergaben folgende Werthe

| Zeit. | Ablenkung $\varphi$ der Nadel | $^1/_2$ log sin $\varphi$ |
|---|---|---|
| 0′ | 56° 24′ | 0,96072 — 1 |
| 0′ 20″ | 56° 10′ | 0,95971 — 1 |
| 0′ 40″ | 55° 46′ | 0,95869 — 1 |
| 1′ — | — — | 0,95768 — 1 = log V (Moment der Berührung) |
| 2′ — | 20° 46′ | 0,77484 — 1 |
| 3′ — | 20° 45′ | 0,77484 — 1 = log $V_1$ |

$$\frac{P}{E} = 0{,}523$$

| | | |
|---|---|---|
| 0′ | 19° 44′ | 0,76423 — 1 |
| 0′ 30″ | 19° 44′ | 0,76423 — 1 |
| 1′ | 19° 44′ | 0,76423 — 1 |
| 1′ 30″ | — — | 0,76423 — 1 = log V (Moment der Berührung) |
| 2′ | 8° 24′ | |
| 3′ | 8° 24′ | 0,58230 — 1 = log $V_1$ |

$$\frac{P}{E} = 0{,}520$$

Zwei andere in derselben Weise durchgeführte Versuche ergaben

$$\frac{P}{E} = 0{,}512 \qquad\qquad \frac{P}{E} = 0{,}516$$

Der so bestimmte Werth von $\frac{P}{E}$ lässt sich durch andere Versuche leicht controliren. Lässt man die Collectorplatte bis auf eine bestimmte Entfernung von der Condensator-

platte hinab, so wächst ihre Capacität, da durch die in der abgeleiteten Platte influenzirte Elektricität bei gleicher Ladung der Collectorplatte das Potential in derselben Weise vermindert wird. Verfährt man nun bei herabgelassener Collectorplatte gerade so wie vorher bei frei schwebender, so erhält man zunächst das Verhältniss zwischen der Capacität der über der Condensatorplatte schwebenden Collectorplatte $P_1$ und derjenigen E des Elektrometers

$$1 + \frac{P_1}{E} = \frac{V}{V_1};$$

Bestimmt man dann zweitens das Potential $V^1$ der Platte, nachdem sie aufgezogen ist, also frei schwebt, für dieselbe Ladung, bei welcher sie in der eben genommenen Entfernung über der Condensatorplatte das Potential $V_1$ hatte, so erhalten wir für die in dem Systeme bei diesen beiden Beobachtungen vorhandene Elektricitätsmenge die beiden Gleichungen

$$Q = (E + P_1) \cdot V_1$$
$$Q = (E + P) \cdot V'$$

und daraus

$$\frac{1 + \frac{P}{E}}{1 + \frac{P_1}{E}} = \frac{V_1}{V'}$$

oder

$$1 + \frac{P}{E} = \frac{V_1}{V'} \cdot \frac{V}{V_1}.$$

So ergab sich, als die Collectorplatte in einem Abstande von 13,12 mm. über der Condensatorplatte schwebte, bei drei Versuchen

$$1 + \frac{P_1}{E} = \frac{V}{V_1} = 1,992 \,;\, 1,986 \,;\, 1,991.$$

Mittel 1,9897

Das Verhältniss zwischen dem Potential der herabgelassenen und der frei schwebenden Platte ergaben zwei Versuche

$$\frac{V_1}{V'} = 0{,}7644\ ;\ 0{,}7613$$

Mittel 0,7628

und daraus

$$1 + \frac{P}{E} = 1{,}518$$

Als Mittel aus diesen und andern Versuchen ergab sich schliesslich

$$1 + \frac{P}{E} = 1{,}513$$

5.

Wie man nun mit Hülfe des so bestimmten Werthes von $\frac{P}{E}$ aus den oben angegebenen Versuchen den Werth von a ableiten kann, ergibt sich unmittelbar. Die Beobachtungen ergeben erstens das Verhältniss zwischen den Werthen des Potentials, wenn die Collectorplatte in einem bestimmten Abstande über der Condensatorplatte schwebt, während der Zwischenraum mit Luft gefüllt ist, $V_1$, und wenn die Platte frei schwebt, $V'$. Daraus erhält man wie oben

$$\frac{E + P_1}{E + P} = \frac{V'}{V_1} = A$$

also für die Capacität $P_1$

$$\frac{P'}{E} = A\,(1 + \frac{P}{E}) - 1$$

Die Beobachtungen ergeben zweitens das Verhältniss zwischen dem Potential $V_2$ der Platte, wenn sie in der-

selben Entfernung über der Collectorplatte schwebt, aber der Isolator dazwischen geschoben ist, und dann der frei schwebenden Platte V'. Nennen wir die Capacität der über dem Isolator schwebennen Platte $P_2$, so erhalten wir

$$\frac{E + P_2}{E + P} = \frac{V'}{V_2} = B$$

$$\frac{P_2}{E} = B\left(1 + \frac{P}{E}\right) - 1$$

Da nun die Zwischenlagerung des Isolators das Potential der von der Verbindung mit dem Elektrometer losgelösten Collectorplatte, auf welche sich die Capacitäten P beziehen, bei gleichen in derselben vorhandenen Elektricitätsmenge nach der Bemerkung des § 2 von 1 auf 1 — a vermindert, so folgt, dass zur Herstellung des gleichen Potentials bei zwischen gelegtem Isolator die der Collectorplatte zu gebende Elektricitätsmenge im Verhältniss von 1 : 1 — a vergrössert werden muss, oder mit andern Worten, die Capacität der Platte $P_2$ ist gegeben durch

$$P_2 = \frac{P_1}{1 - a}.$$

Durch diese Bestimmung von $P_2$ ergibt sich dann

$$\frac{1}{1 - a} = \frac{B\left(1 + \frac{P}{E}\right) - 1}{A\left(1 + \frac{P}{E}\right) - 1}$$

Setzen wir nun

$$\frac{1}{1 + \frac{P}{E}} = D$$

so ergibt sich

$$1 - a = \frac{A - D}{B - D}$$

und schliesslich

$$a = \frac{B - A}{B - D}$$

oder nach der oben gemachten Bestimmung von D für die vorliegenden Versuche

$$a = \frac{B - A}{B - 0,6605}$$

6.

Die in den vorigen §§ beschriebene Methode misst die Aenderung, welche das Potential einer über dem Isolator schwebenden leitenden Platte bei nahezu gleicher Elektricitätsmenge mit wachsender Zeit erfährt, indem man die der verschiedenen Dauer der Einwirkung entsprechenden Werthe von B misst. Die Methode hat in ihrer experimentellen Durchführung zwei Uebelstände, welche den für die Influenzirung des Isolators gefundenen Werthen einigen Eintrag thut. Da mir zur Messung des zeitlichen Verlaufs der Potentiale kein anderer Messapparat als das Sinuselektrometer zu Gebote stand, und da die Art der Versuche bei jeder Reihe die Verwendung nur einer Nadel gestattete, so musste der Collectorplatte bei dem Beginne der Versuche eine ziemlich starke Ladung gegeben werden, weil sonst nach herabgelassener Platte die Ablenkungen der Nadel zu klein, somit die Beobachtungen zu unsicher geworden wären. Dabei zeigte sich dann, dass in der Regel etwas Elektricität auf die Glasstäbchen überging, an denen die Collectorplatte schwebt. Diese Elektricität kehrte dann auf die Collectorplatte zurück, wenn dieselbe herabgelassen und durch die Condensatorplatte und die Wirkung des Isolators das Potential in der Platte vermindert wurde. Dieses Zurückfliessen von Elektricität gab sich, besonders dann, wenn bei

dem Herablassen eine starke Verminderung des Potentials eintrat, dadurch zu erkennen, dass trotz der mit der Zeit wachsenden Influenz im Isolator das Potential auf der Collectorplatte in den ersten Minuten nur wenig oder gar nicht abnahm, zuweilen sogar nach der ersten, 20 bis 30 Secunden nach dem Niederlassen erfolgten Beobachtung in geringem Grade wieder zunahm. Es folgt daraus, dass in den ersten Minuten das Potential der herabgelassenen Platte gegenüber dem vorher an der freischwebenden Platte beobachteten resp. mit Berücksichtigung des Elektricitätsverlustes aus demselben berechneten etwas zu gross ist. Damit wird der Werth von B und mit diesem, weil A stets grösser als D ist, der berechnete Werth von a etwas zu klein.

Der zweite Umstand, der den Gang der Influenz im Isolator etwas unsicher macht, ist die Bestimmung des Elektricitätsverlustes von der Collectorplatte während der Dauer des Versuches. Wie vorhin erwähnt wurde, wird dazu die Ladung der Platte beim Beginn und am Schlusse des Versuches beobachtet. Letztere Beobachtung gibt gegenüber der erstern den ganzen während der Dauer des Versuches stattfindenden Verlust an. Um nun die Ladung der Platte für die zwischenliegenden Zeiten zu berechnen, wurde die Annahme gemacht, dass der Verlust in gleichen Zeiten immer der gleiche Bruchtheil der im Beginne der Zeiten vorhandenen Ladung sei, dass also, wenn man den Verlust als Folge der Zerstreuung ansehen würde, der Zerstreuungscoefficient während der Versuchsdauer constant sei. Diese Annahme kann nur angenähert richtig sein, da der Verlust keineswegs mit einer solchen Regelmässigkeit erfolgt, eben deshalb können die beobachteten Werthe den Gang der Influenz im Isolator nur im grossen und ganzen darlegen.

Schliesslich kann man nach dieser Methode eben wegen des Elektricitätsverlustes die Influenz nicht beliebig lange verfolgen, da die zu messenden Winkel schliesslich zu klein

und damit bei der mit dem Sinuselektrometer zu erreichenden Genauigkeit, die Messungen zu ungenau werden.

7.

Den ersten und letzten Uebelstand habe ich dadurch zu heben versucht, dass ich noch eine zweite Methode zur Messung der Grösse a angewandt habe, bei welcher die Platte stets bis zu demselben Potential geladen wurde, wenn sie über der Condensatorplatte schwebte, sei es mit, sei es ohne Zwischenschaltung des Isolators.

Als Elektricitätsquelle wurde zu dem Zwecke eine Batterie von 12 Meidinger'schen Elementen angewandt, deren einer Pol zur Erde abgeleitet war, und dann die Elektricitätsmenge gemessen, welche die Collectorplatte aufnahm, einmal wenn zwischen ihr und der Condensatorplatte sich Luft befand, dann wenn zwischen beiden Platten der Isolator lag.

Als Messapparat wurde ein Kohlrausch'sches Torsionselektrometer von grosser Empfindlichkeit angewandt, und die Ladung stets so gemessen, dass man durch Torsion des Glasfadens der Nadel des Elektrometers die Ablenkung von $10^0$ ertheilte. Ich zog diese Beobachtungsweise der Benutzung einer für das Elektrometer entworfenen Tabelle vor, welche aus den Beobachtungen der durch die Ladungen bewirkten Ablenkungen der Nadel, wenn man den Faden in der Torsionslage Null stehen lässt, die Ladungen bestimmt, weil diese direkte Beobachtung besonders bei grössern Ladungen jedenfalls genauer ist. Zur Durchführung der Versuche waren auf einem Fussbrette von trocknem Holze vier Schellacksäulchen jedes etwa 6 Centim. hoch an den vier Ecken eines Quadrates aufgestellt. Die Säulchen trugen eiserne Näpfchen, welche zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt waren. In das Quecksilber tauchten gut amalgamirte Kupferdrähte, welche die Quecksilbernäpfchen mit den ein-

zelnen Theilen der Apparate in Verbindung setzten. So stand das eine der Näpfchen durch einen Draht in Verbindung mit dem einen Pole der Batterie; der Draht war ausser in dem Näpfchen und an dem Batteriepole noch an einem Punkte durch ein Schellackstäbchen gestützt, sonst berührte er nirgend einen andern Körper, er war also gut isolirt. Das diesem Näpfchen diagonal gegenüberstehende war in ganz gleicher Weise ein für allemal fest mit dem Zuleitungsdrahte des Elektrometers verbunden. In das dritte Näpfchen war ein ziemlich dicker Kupferhaken eingesetzt und an diesen war der zur Collectorplatte führende im übrigen frei in der Luft schwebende feine Golddraht angelöthet. Von dem vierten Näpfchen war ebenso wie von dem zweiten Pole der Batterie ein Draht zu den Gasleitungen des Laboratoriums geführt. Die Verbindung zwischen den Näpfchen wurde durch Kupferhaken vermittelt, welche an Schellackstäbchen befestigt waren, und welche theils die Länge der Quadratseiten theils die Länge der Diagonalen hatten. Bezeichnen wir die Näpfchen mit 1, 2, 3, 4, so dass 1 mit der Batterie, 2 mit der Collectorplatte, 3 mit dem Elektrometer, 4 mit der Erde in leitender Verbindung steht.

Die Näpfchen 2 und 3 waren bei den Versuchen, welche zur Messung der Grösse a dienten, stets durch einen und denselben Kupferhaken verbunden; dieselben hätten soweit durch ein Näpfchen ersetzt werden können, welches einerseits mit dem Elektrometer andrerseits mit der Collectorplatte verbunden gewesen wäre; die Anwendung zweier Näpfchen war indessen zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen den Capacitäten der Collectorplatte und des Elektrometers bequemer.

Zur Bestimmung der Influenz in dem Isolator wurde nun zunächst die Collectorplatte bis zu einer gewissen genau bestimmten Entfernung von der abgeleiteten Condensatorplatte herabgelassen und dann durch einen Kupfer-

haken das Näpfchen 1 mit 3 verbunden. Dadurch wurde das Elektrometer sowohl als die Collectorplatte bis zu dem Potentialwerthe des Batteriepoles geladen. Es wurde die Ladung resp. das Potential derselben im Elektrometer gemessen, dabei aber während der Messung die Verbindung der Collectorplatte mit dem Batteriepole fortdauern gelassen, damit nicht durch etwaigen Elektricitätsverlust während der Zeit, welche die Messung in Anspruch nahm, die Ladung der Platte kleiner wurde. Die Messung wurde, wie oben erwähnt, so ausgeführt, dass der Glasfaden des Elektrometers so weit tordirt wurde, bis die Nadel mit dem Bügel einen Winkel von $10^0$ bildete.

Nach der Messung wurde der Bügel des Elektrometers wieder mit der Nadel zur Berührung gebracht, dann die Verbindung der Collectorplatte mit der Batterie aufgehoben, die Collectorplatte aufgezogen und nun im Elektrometer das Potential der frei schwebenden Platte gemessen.

Um sich zu überzeugen, dass die Ladung der Collectorplatte, wenn zwischen ihr und der Condensatorplatte nur Luft war, durch eine länger dauernde Verbindung mit dem Batteriepole nicht grösser wurde, liess man dann die leitende Verbindung zwischen Collectorplatte und Batteriepol nur 1 Secunde dauern, und mass sofort nach dem Emporziehen das Potential der frei schwebenden Platte. Es liess sich bei allen in der Weise durchgeführten Versuchen niemals eine Zunahme der Ladung der Platte durch länger dauernde Verbindung erkennen. Es wurde dann, nachdem sämmtliche Apparate entladen waren, die isolirende Platte zwischen die Condensatorplatte und die Collectorplatte gelegt, während der Abstand der beiden Platten genau der frühere war. Dann wurde die Collectorplatte und das Elektrometer eine genau bestimmte Zeit mit dem Batteriepole in Verbindung gebracht, nach Unterbrechung der Ver-

bindung die Collectorplatte aufgezogen, und sofort die von ihr aufgenommene Ladung im Elektrometer gemessen.

Die beiden Versuche geben in genau derselben Weise wie die nach der ersten Methode berechnet, vorausgesetzt, dass man das Verhältniss zwischen den Capacitäten der frei schwebenden Platte und des Elektrometers mit den zu demselben führenden Leitungen kennt, die Influenz des Isolators resp. die Grösse a, welche der Dauer der Verbindung zwischen Collectorplatte und Batteriepol entspricht. Denn nennen wir das Potential des Batteriepols V, das der aufgezogenen Platte, nachdem sie ohne Zwischenschaltung des Isolators geladen war, $V_1$, das nach Zwischenschaltung des Isolators $V_2$, behalten im übrigen ganz die vorher gewählte Bezeichnung bei, nur das jetzt E die Capacität des Elektrometers mit der zur Collectorplatte führenden Leitung bedeutet, so erhalten wir für die bei dem ersten Versuche in die Collectorplatte übergeflossene Elektricitätsmenge

$$Q = (E + P_1)\,V$$
$$Q = (E + P)\,V_1$$

somit

$$\frac{P_1}{E} = \frac{V_1}{V}\left(1 + \frac{P}{E}\right) = A\left(1 + \frac{P}{E}\right) = \frac{A}{D}$$

Für die bei dem zweiten Versuche in die Collectorplatte übergeflossene Elektricitätsmenge wird

$$Q_1 = \left(E + \frac{P_1}{1 - a}\right) V$$
$$Q_1 = (E + P)\,V_2$$
$$\frac{P_1}{(1 - a)\,E} = \frac{V_2}{V}\left(1 + \frac{P}{E}\right) = B\left(1 + \frac{P}{E}\right) = \frac{B}{D}$$

Somit wie früher

$$a = \frac{B - A}{B - D}$$

8.

Es bedarf demnach zur Berechnung von a nur mehr der Bestimmung von D; zur Ausführung derselben wurde zunächst das Elektrometer mit einer ziemlich starken Ladung versehen, indem man die Collectorplatte bei kleinem Abstande von der Condensatorplatte lud, und dann durch Aufziehen der Platte die Ladung in das Elektrometer überführte. Dann wurde die Verbindung der Näpfchen 2 und 3 unterbrochen und die Collectorplatte mit der zu ihr führenden Leitung bis zum Näpfchen 3 entladen. Nachdem dann die Ladung des Elektrometers und des ein für allemal mit demselben fest verbundenen Theiles der Leitung gemessen war, wurde die Verbindung zwischen den Näpfchen 2 und 3 hergestellt und nun die zurückgebliebene Ladung gemessen. Dieser Versuch liefert das Verhältniss zwischen den Capacitäten des Elektrometers mit dem an demselben unveränderlich festen Leiterstücks und der Collectorplatte in Verbindung mit der Leitung bis zum Näpfchen 3. Bezeichnen wir mit P die Capacität der Platte, mit L diejenige der Leitung zwischen Platte und dem Näpfchen 3, mit $E_1$ die des Elektrometers und des an ihm festen Leitertheils, so geben die beiden Versuche für die im Elektrometer und in der an demselben festen Leitung bei der ersten Messung vorhandene Elektricitätsmenge Q

$$Q = E_1 V$$

$$Q = (E_1 + P + L) V_1$$

$$1 + \frac{P + L}{E_1} = \frac{V}{V_1} = p$$

Zur Bestimmung der Capacität L der Leitung, welche aus dem die Näpfchen 2 und 3 verbindenden Kupferdraht, dem Näpfchen 2 und der von diesem zur Collectorplatte führenden Verbindung bestand, wurde die Leitung von der Collectorplatte losgenommen, und dann eine dem Elektro-

meter ertheilte Ladung zwischen diesem und der Leitung getheilt. Man erhielt so

$$1 + \frac{L}{E_1} = q.$$

Die in die Gleichung zur Berechnung von a eingehende Grösse E ist die Summe der Capacitäten des Elektrometers und der die Collectorplatte mit dem Elektrometer verbindenden Leitung, welche bei allen Lagen der Collectorplatte constant gesetzt werden kann, da die Platte mit denjenigen Theilen der Leitung, welche eine merkliche Capacität besitzen, durch den feinen Golddraht verbunden war. Die beobachteten Werthe von p und q geben unmittelbar

$$\frac{P}{L + E_1} = \frac{P}{E} = \frac{p - q}{q}$$

Bei den Messungen zur Bestimmung von p und q wurde, um den Elektricitätsverlust, der etwa in der Leitung vom Näpfchen und zum Elektrometer während der Messung stattfand, in Rechnung zu ziehen, die Messung der Ladung des Elektrometers in bestimmten Zeiträumen mehrfach wiederholt, indem nach einer durchgeführten Messung der Bügel wieder zur Nadel des Elektrometers gehoben wurde. Dann wurde in einem bestimmten Momente das Elektrometer mit der Leitung verbunden und gleichzeitig der Bügel mit der Nadel zur Berührung gebracht. Wie nothwendig dieses Verfahren war, trotzdem die Leitung nur an zwei Punkten leicht an Schellacksäulchen gekittet, im übrigen durch die Luft geführt war, zeigt z. B. folgender Versuch zur Bestimmung von p.

| Zeit | Torsion T des Elektrm.-Fadens | Potentialwerth $\log V = \log \sqrt{\frac{T}{10}}$ | $\Delta$ |
|---|---|---|---|
| 0′ | 612° | 0,89337 | |
| 3′ | 586° | 0,88398 | 0,00942 |
| 6′ | 561° | 0,87448 | 0,00947 |
| 9′ | 161° | 0,60341 | Moment der Verbindung |

$$\text{lag } p = 0{,}86503 - 0{,}60341 = 0{,}26162 = \log 1{,}826.$$

Wäre der Verlust nicht in Rechnung gezogen, so würde man aus diesem Versuche $p = 1{,}867$ erhalten haben.

In dieser Weise durchgeführt ergaben 9 Versuche für p die Werthe

1,878 ; 1,879 ; 1,826 ; 1,863 ; 1,839;
1,856 ; 1,861 ; 1,852 ; 1,879
Mittel $p = 1{,}8592$

Für q ergaben 5 Versuche

1,467 ; 1,416 ; 1,425 ; 1,467 ; 1,449
Mittel $9 = 1{,}446$

Hieraus ergibt sich

$$1 + \frac{P}{E} = 1{,}286$$

$$D = \frac{1}{1{,}286} = 0{,}7775$$

und schliesslich

$$a = \frac{B - A}{B - 0{,}7775}$$

9.

Dass nach der in den beiden letzten §§ beschriebenen Methode der erste und der letzte der vorhin erwähnten Uebelstände gehoben sind, erkennt man unmittelbar. Was zunächst den letzten Uebelstand, der zu starken Abnahme des zu messenden Potentials angeht, so findet hier während des ganzen Versuches keine Abnahme statt, da die mit dem Batteriepole in fester Verbindung stehende Collectorplatte auf constantem Potential gehalten wird. Aber ebenso kann auch nach Aufheben der Verbindung der Collectorplatte mit der Batterie keine Elektricität mehr auf die Collector-

platte hinfliessen, selbst wenn die Glasstäbchen während der Ladung etwas Elektricität angenommen hätten, da das Potential auf der Platte jedenfalls grösser ist als auf den Glasstäbchen. Trotz des letztern Umstandes ist aber doch kein Abfliessen der Elektricität auf die Glasstäbchen, also eine Verminderung des Potentials auf der Platte nach dem Aufziehen, ein Umstand, der gerade den Fehler auch hier veranlassen würde, der vermieden werden soll, zu befürchten. Denn einmal ist die Ladung gegenüber der bei dem Sinuselektrometer anzuwenden äusserst klein, und weiter nimmt das Aufziehen der Collectorplatte und das Ueberführen der Ladung in das Elektrometer nur einen Bruchtheil einer Secunde in Anspruch, so dass selbst bei noch stärkerer Ladung ein messbares Abfliessen auf die isolirenden Stäbchen nicht stattfinden kann. Der auf diese Weise bestimmte Werth des Quotienten B gibt deshalb in der That genau den Werth des Quotienten der Potentiale, welche in der Collectorplatte vorhanden sind, wenn sie frei und wenn sie bei gleicher Ladung über dem Isolator auf der Condensatorplatte schwebt, so genau wie ihn diese Messungen überhaupt zu liefern im Stande sind.

Demnach könnte es auf den ersten Blick scheinen, dass auf diesem Wege auch der zweite der erwähnten Uebelstände gehoben werden könnte, dass man den Verlauf der Influenz im Isolator in ihrer Abhängigkeit von der Zeit mit aller Sicherheit dadurch erhalten könnte, dass man die Verbindung der über dem Isolator schwebenden Collectorplatte mit der Batterie bei den einzelnen Versuchen erst eine, dann bei einem folgenden Versuche zwei Minuten u. s. f. dauern liesse. Es ergab sich indess bald, dass das nicht möglich ist, indem nach Ausweis der später mitzutheilenden Zahlen der Gang der Influenz in den Isolatoren zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden sein kann. Es zeigt

sich, dass die durch eine gleiche Dauer der Einwirkung hervorgebrachte Influenz in verschiedenen Zeiten sehr verschieden sein kann. Eine genauere Bestimmung des Ganges der Influenz als durch die Beobachtungen mit dem Sinuselektrometer war mir deshalb nicht möglich.

10.

Die für die Werthe von a erreichbare Genauigkeit ist hauptsächlich durch die Genauigkeit bestimmt, welche man bei der Messung von B erreicht, da man den Werth von A in jedem Falle, ebenso wie den von D als Mittel aus mehreren Messungen nehmen kann, während B jedesmal aus einem Versuche abzuleiten ist. Die in den frühern §§ mitgetheilten zur Bestimmung von D ausgeführten Messungen, welche gerade wie diejenigen ausgeführt werden, die das einzelne B liefern, Messungen zweier Potentialwerthe, deren Quotient B ist, zeigen nun Schwankungen von 3—4 Procent. Diese Schwankungen rühren besonders bei der zweiten Methode hauptsächlich daher, dass trotz der schon mehrfach hervorgehobenen sorgfältigen Isolation der Leitung, welche die Collectorplatte mit dem Elektrometer verbindet, ein zu verschiedenen Zeiten verschiedener Verlust an Elektricität stattfindet, selbst in der kurzen Zeit, während welcher die Ueberführung der Elektricität aus der Collectorplatte in das Elektrometer stattfindet. Man wird deshalb in den Werthen von B eine Ungenauigkeit von 2 Procent annehmen müssen. Der Fehler, welcher dadurch in a entsteht, hängt nach der Form der Gleichung ab von dem Werthe von B, und zwar wird er um so kleiner je grösser B ist, damit also auch bei gleicher isolirender Substanz, je näher die Platten des Condensators sind oder je dünnere Platten man untersucht. Indess erkennt man aus der Gleichung für a auch, dass die Unrichtigkeit in a immer ein kleinerer Bruchtheil von a ist

als die Ungenauigkeit in B, auch wenn man dickere Platten benutzt.

Da nun andere Gründe für die Anwendung dickerer Platten sprachen, so habe ich zur Bestimmung der Werthe von a vorzugsweise Platten von mehr als $3^{mm}$ Dicke angewandt. Bei zu dünnen Platten, also kleinen Abständen der leitenden Platten ist nämlich in den Werthen von B eine geringere Genauigkeit zu erreichen, da man dann, wenn das Potential der frei schwebenden Platte nicht zu gross werden soll, bei niedergelassener Platte zu kleine Werthe anwenden muss oder bei der ersten Methode erhält, so dass eine genaue Messung weder am Sinuselektrometer noch am Torsionselektrometer möglich ist. Da gleich nach dem Niederlassen der Condensatorplatte bei dünneren Platten die Ablenkung der Nadel am Sinuselektrometer nur wenige (1—3) Grade betrug, liess sich der Gang der mit der Zeit wachsenden Influenz an diesen gar nicht mit Sicherheit bestimmen. Es konnten deshalb dazu im allgemeinen nur die dickern Platten benutzt werden.

In anderer Beziehung ist ein grösserer Abstand der Platten sogar für die erreichbare Genauigkeit von Vortheil. Wenn nämlich auch der Werth von A als Mittel aus mehreren Beobachtungen erhalten wird, und dadurch eine geringere Unsicherheit bietet, so kann in demselben doch dadurch eine Ungenauigkeit entstehen, dass er nicht genau dem beobachteten Werthe von B entspricht, das heisst, dass der Abstand von Collector und Condensatorplatte nicht genau derselbe ist, wenn die isolirende Platte sich zwischen denselben befindet, als wenn sie nicht dazwischen liegt. Denn so sorgfältig man auch den gleichen Abstand herzustellen sucht, ein kleiner Fehler ist bei den Einstellungen nicht zu vermeiden. Dieser Einstellungsfehler hat nun auf den Werth von A einen um so geringeren Einfluss, je weiter

die Platten von einander entfernt sind, da, sobald der Abstand einigermassen gross geworden ist, das Potential der Platte in sehr viel langsamern Verhältniss sich ändert als die Entfernung. Bei gleichem Einstellungsfehler ist also die dadurch bedingte Ungenauigkeit in A viel kleiner, wenn die Abstände der Platten grösser sind.

11.

Die untersuchten Substanzen sind Ebonit, Paraffin, Schellack, Schwefel und verschiedene auf ihrer Oberfläche mit braunem Schellackfirniss überzogene Platten von Spiegelglas.

Die Ebonitplatten waren von der Gummiwaarenfabrik vormals Bolle, Elliot und C. in Berlin erhalten, sie waren schön planparallele Platten mit ziemlich polirter Oberfläche und, wie abgeschnittene Proben zeigten, sehr homogen gearbeitet. Die Paraffinplatten waren aus einem grössern Stücke Paraffins ausgeschnitten und dann durch Schaben auf die gewünschte Dicke gebracht; nur eine der dünnern Platten war durch erneuertes Schmelzen und Giessen dargestellt. Die Schellackplatten waren gegossen und dann auf der Drehbank bearbeitet. Um einen leichtern und homogenern Guss zu erzielen, war dem Schellack etwas venetianischer Terpentin zugesetzt worden. Die Glasplatten waren aus Spiegelglasplatte herausgeschnitten und dann auf ihren Rändern abgeschliffen worden, so dass sie wie die übrigen Platten kreisförmig wurden und einen dem der leitenden Platten möglichst genau gleichen Durchmesser erhielten.

Die zu den Versuchen benutzten drei Schwefelplatten waren auf Glasplatten mit Papierrand gegossen und dann später durch Schaben bearbeitet, dass ihre Flächen planparallel wurden. Zwei derselben hatten denselben Durch-

messer wie die leitenden Platten, die dritte mehr als den doppelten Durchmesser.

Die auf diese Weise erhaltenen Schwefelplatten waren nicht durchweg von gleicher Dichte, sondern besonders die beim Guss obere Hälfte der Platte zeigte eine Menge kleiner Löcher. Um wenigstens angenähert zu bestimmen, in wie weit der von der Schwefelplatte umschlossenen Raum wirklich mit Schwefel ausgefüllt war, wurde das Gewicht einer der Platten verglichen mit demjenigen, welches sie als ganz homogene Schwefelplatte hätten haben müssen. Die Platte hatte einen Durchmesser von 11,6 Ctm. und eine Dicke von 1,034 im Mittel aus einer grossen Zahl mit dem Sphärometer vorgenommener Messungen, welche im Maximum eine Differenz von 0,06 Mm. zeigten. Da das specifische Gewicht des Schwefels 2,033 ist, so hätte das Gewicht der Platte im Falle reeller Homogenität 222,16 Gramm sein müssen. Es fand sich statt dessen 211,99 Gramm, so dass also etwa 0,05 des Raumes nicht mit Schwefel ausgefüllt war.

Die Platten der übrigen Substanzen waren ohne derartige Discontinuitäten.

Die Dicke der Platten mit Ausnahme derjenigen der grossen Schwefelplatte wurde mit einem von den Herren Hermann und Pfister in Bern construirten Sphärometer gemessen, welches ich im 1. Bande meiner Experimentalphysik p. 21 ff. (3. Aufl.) beschrieben und abgebildet habe. Dasselbe gestattet auch bei Platten die Dicke an verschiedenen Stellen mit der grössten Genauigkeit zu messen, indem man die Platten auf dem etwa 1 Cent. im Durchmesser habenden Tisch verschiebt und durch Auflegen kleiner Gewichte auf der Seite, wo die Platte den Tisch am wenigsten überragt, balancirt. In dieser Weise wurde die Dicke der Platten an 12 bis 15 Stellen gemessen und aus den ge-

messenen Werthen, in denen sich nicht 0,2 Mm. übersteigende Unterschiede fanden, das Mittel genommen.

## Ueber den Einfluss der Dicke des Isolators auf den Gang der Influenz in demselben.

12.

Kohlrausch hat in seiner Untersuchung über den elektrischen Rückstand in der Leydner Flasche[3]) es als wahrscheinlich hingestellt, dass die Grösse des Rückstandes wesentlich von der Dicke des Glases abhängt, und zwar derart, dass das dickere Glas den grösseren Rückstand hervorbringt. Er fand nämlich, dass von zwei Flaschen, deren eine ungefähr die dreifache Glasdicke der andern hatte, die mit dem dickern Glase etwa einen dreimal so grossen Rückstand bildete als die dünnere. In der dickeren war der Rückstand 0,3052, in der dünnern 0,1180 der ursprünglichen Ladung. Indess erklärt Kohlrausch selbst den Versuch für nicht vollkommen entscheidend, da die beiden Flaschen von verschiedenem Glase waren und die Grösse des Rückstandes offenbar von der Sorte des Glases sehr wesentlich abhängt.

Herr von Bezold hat dann später[4]) eine Anzahl Franklin'scher Platten untersucht, deren Gläser sämmtlich aus einem und demselben Hafen geblasen waren und gefunden, dass der Gang der sogenannten disponibeln Ladung für die Gläser verschiedener Dicke ein nicht unbeträchtlich verschiedener ist. Er findet bei annähernd gleicher anfänglicher Ladung bei den dünnern Gläsern in gleichen Zeiten eine sehr viel stärkere Abnahme des Potentials, welches er

---

3) Kohlrausch. Poggendorffs Annalen Band XCI p. 81.

4) von Bezold. Poggendorffs Annalen Band CXXXVII. p. 228.

an einem mit der Franklin'schen Platte verbundenen Sinuselektrometer beobachtet, als bei den dickern Gläsern. So erhält er für 4 Platten folgende Werthe des Potentials

| Zeit in Secunde | Werthe des am Sinuselektrometer beobachteten Potentials bei einer Glasdicke von | | | |
|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. |
| | 3,76 | 3,13 | 2,12 | 1,65 |
| 0 | 9,60 | 9,46 | 9,26 | 8,68 |
| 60 | — | — | — | 1,45 |
| 61 | 2,74 | — | — | — |
| 69 | — | — | 1,76 | — |
| 125 | 1,92 | — | 1,25 | — |
| 126 | — | — | — | 0,89 |
| 128 | — | 1,79 | — | — |
| 205 | 1,38 | — | — | — |
| 206 | — | — | — | 0,44 |
| 207 | — | 1,28 | — | — |
| 211 | — | — | 0,81 | — |

In der That ist das gleichen Zeiten entsprechende Potential ein um so kleinerer Bruchtheil des anfänglichen, je dünner die Platte ist. Es zeigt sich also hier unzweifelhaft ein Einfluss der Dicken, indess in entgegengesetztem Sinne als es Kohlrausch vermuthete, die Rückstandsbildung ist um so grösser, je dünner die Platte ist.

Ich habe in meinen Versuchen [5]) einen solchen Einfluss der Dicke nicht constatiren können, da er durch die Verschiedenheit der damals benutzten Gläser verdeckt wurde.

Herr von Bezold hat damals in diesen Beobachtungen einen Grund gesehen gegen die von Kohlrausch vertheidigte Erklärung der Rückstandsbildung, nach welcher dieselbe durch die Influenz im Isolator zu Stande kommt, sich auszusprechen, indem er darauf hinwies; dass aus der Gleichung

5) Wüllner. Poggendorffs Annalen Band CLIII. p. 22.

für den Werth des Potentials zwischen den leitenden Platten folgt, dass die Influenz von der Dicke der Platten unabhängig sein muss. Er glaubte desshalb, dass das bei Franklinschen Platten von verschiedener Glasdicke am Sinuselektrometer zu beobachtende Potential, die sogenannte disponible Ladung, stets derselbe Bruchtheil der ursprünglichen Ladung sein müsse.

Das ist indess nur der Fall, wenn die von der Franklinschen Platte zu dem Sinuselektrometer führende Leitung und des Elektrometer eine gegen diejenige der Franklinschen Platte verschwindend kleine elektrische Capacität haben. Sowie die Capacität der mit der Franklinschen Platte in Verbindung stehenden leitenden Theile eine merkliche ist, muss bei gleicher Influenzwirkung auf den Isolator der Gang des Potentialwerthes ein ähnlicher sein, wie ihn Herr von Bezold beobachtete. Es ergibt sich das unmittelbar aus der Gleichung die wir in den früheren §§ für a oder wenn der Zwischenraum zwischen den leitenden Platten ganz mit dem Isolator ausgefüllt ist, für $\alpha$ erhielten

$$\alpha = \frac{B - A}{B - D}$$

In dieser Gleichung ist, wie wir sehen, B der Quotient der Potentiale der freischwebenden und der auf dem Isolator liegenden, A der Quotient zwischen den Potentialen der frei schwebenden und der in gleicher Entfernung über der Condensatorplatte schwebenden aber statt des Isolators durch Luft von derselben getrennten Platte. Es folgt somit, dass

$$\frac{\frac{1}{B}}{\frac{1}{A}} = \frac{A}{B} = L$$

die dem einer bestimmten Dauer der Einwirkung ange-

hörenden Werthe von B entsprechende sogenannte disponible Ladung ist. Entwicklen wir aus obiger Gleichung dieser Quotienten, so wird

$$\frac{A}{B} = L = \frac{A(1-\alpha)}{A-\alpha D} = \frac{1-\alpha}{1-\alpha\frac{D}{A}}$$

In dem Ausdrucke für L ist $\alpha$ das Mass der in gleichen Zeiten im Isolator bewirkten Influenz, somit wenn die Influenz von der Plattendicke unabhängig ist, für alle Plattendicken dasselbe. D ist eine Constante des Apparates kleiner wie 1 aber grösser wie Null, sobald die Capacität des Elektrometers nicht verschwindend klein gegen die Capacität der frei schwebenden Collectorplatte ist. Der Werth von A wird dagegen um so grösser, je geringer der Abstand von Collectorplatte und Condensatorplatte ist, er nimmt also mit wachsender Plattendicke ab. Die Form obiger Gleichung lässt nun schon unmittelbar erkennen, dass bei gleichem $\alpha$ grössern Werthen von A kleinere Werthe von L entsprechen, da der Zähler des Ausdrucks constant ist, der Nenner dagegen mit wachsendem A grösser wird. So würde sich z. B. bei den Capacitätsverhältnissen meiner Apparate und Plattendicken, welche denen, die Herr von Bezold angewandt ähnlich sind, für die am Sinuselektrometer beobachteten disponibeln Ladungen ergeben:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Für $\alpha = 0{,}5$ und einer Plattendicke von | mm. 3,53 | mm. 2,65 | mm. 1,77 |
| würde L gleich | 0,5909 | 0,5786 | 0,5565 |
| Für $\alpha = 0{,}75$ | | | |
| würde L gleich | 0,3249 | 0,3138 | 0,3044. |

Die von Herren von Bezold gefundenen Werthe gaben allerdings viel grössere Unterschiede in den disponibeln Ladungen, will man nicht annehmen, dass die Werthe

wesentlich von dem während der Versuche stattfindenden Elektricitätsverlust beeinflusst sind, so würde aus diesen Werthen zu schliessen sein, dass trotz gleicher influenzirender Kraft, die Influenz in dünnere Platten eine viel stärkere ist, als in dickern Platten.

Der Versuch von Kohlrausch würde, wenn man den Unterschied in der Rückstandsbildung nicht der Verschiedenheit des angewandten Glases zuschreiben will, das gerade entgegengesetzte Resultat liefern, es müsste die Influenz in sehr viel stärkerm Verhältniss in den dickern Platten wachsen, als in den dünnern.

## 13.

Ich habe besonders die Ebonikplatten, deren ich 6 von verschiedener Dicke gleichzeitig aus derselben Fabrik bezogen hatte, benutzt, um einen etwaigen Einfluss der Dicke auf die Grösse und den Gang der Influenz in den Isolatoren zu untersuchen. Die Platten hatten folgende Dicken:

| | | mm. |
|---|---|---|
| Platte | VI. | 15,30 |
| „ | V. | 10,41 |
| „ | VI. | 8,36 |
| „ | III. | 3,53 |
| „ | II. | 2,24 |
| „ | I. | 1,12 |

Die Beobachtungen mit dem Sinuselektrometer wurden theils so angestellt, dass die Collectorplatte auf den Ebonitplatten auflag, theils dass sie in geringer Entfernung 0,294 oder 0,588 darüber schwebten. Die Uebereinstimmung der unter diesen verschiedenen Umständen aus den an einer und derselben Platte berechneten Werthe von $\alpha$ bietet eine Controlle für die Beobachtungen.

In der nachfolgenden Tabelle gebe ich die in 6 Beobachtungsreihen, welche im December 1875, Januar und Februar 1876 angestellt sind, für die Ebonitplatte VI gefundenen Werthe von $\alpha$. Die erste Columne enthält die Zeit in Minuten, für welche der betreffende Werth von $\alpha$ gilt, die folgenden diese Werthe, wie sie bei den über den betreffenden Columnen angegebenen Abständen der Collectorplatte erhalten wurden.

**Tabelle I.**

Ebonitplatte VI.

| Zeit in Minuten. | Abstand der Collectorplatte | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm 0,00 | mm. 0,294 | | | mm. 0,588 | |
| 1 | 0,5364 | 0,5684 | 0,4986 | 0,5684 | 0,5352 | 0,5737 |
| 2 | 0,5514 | 0,5972 | 0,5206 | 0,5999 | 0,5611 | 0,6064 |
| 3 | 0,5577 | 0,6183 | 0,5300 | 0,6267 | 0,5848 | 0,6232 |
| 4 | 0,5770 | 0,6405 | 0,5502 | 0,6535 | 0,6064 | 0,6370 |
| 6 | 0,5881 | 0,6634 | 0,5715 | 0,6836 | 0,6294 | 0,6611 |
| 8 | — | 0,6823 | 0,5860 | 0,7112 | 0,6483 | 0,6813 |
| 12 | 0,6121 | 0,7152 | 0,6047 | 0,7458 | 0,6877 | 0,7129 |
| 16 | 0,6292 | 0,7384 | 0,6226 | 0,7636 | 0,6955 | 0,7300 |
| 20 | 0,6419 | 0,7543 | 0,6389 | 0,7729 | 0,7125 | 0,7495 |
| 24 | 0,6535 | 0,7727 | 0,6521 | — | 0,7317 | 0,7576 |
| 28 | 0,6588 | 0,7845 | 0,6613 | 0,7880 | — | 0,7713 |
| 32 | 0,6687 | — | 0,6655 | — | 0,7420 | 0,7769 |
| 36 | 0,6751 | 0,7909 | 0,6784 | — | 0,7508 | — |
| 40 | 0,6839 | 0,7952 | 0,6868 | 0,7994 | 0,7568 | 0,7842 |
| 52 | 0,7029 | — | 0,7062 | — | — | — |

Die folgende ganz wie die erste angeordnete Tabelle enthält die für die Ebonitplatte V gefundeten Werthe von $\alpha$; die Beobachtungsreihen sind in demselben Zeitraum gewonnen worden, wie diejenigen an Platte VI.

**Tabelle II.**

Ebonitplatte V.

| Zeit in Minuten | Abstand der Collectorplatte | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. 0,00 | mm. 0,294 | | | mm. 0,588 | |
| 1 | 0,5295 | 0,5688 | 0,5354 | 0,5367 | 0,5738 | 0,5756 |
| 2 | 0,5610 | 0,6023 | 0,5533 | 0,5625 | 0,5932 | 0,6025 |
| 3 | 0,5755 | 0,6222 | 0,5644 | 0,5781 | 0,6068 | 0,6162 |
| 4 | 0,5889 | 0,6405 | 0,5872 | 0,5840 | 0,6178 | 0,6191 |
| 6 | 0,6088 | 0,6639 | 0,5971 | 0,6030 | 0,6344 | 0,6384 |
| 8 | 0,6270 | 0,6815 | 0,6263 | 0,6243 | 0,6484 | 0,6503 |
| 12 | 0,6596 | 0,7134 | 0,6531 | 0,6544 | 0,6657 | 0,6757 |
| 16 | 0,6729 | 0,7348 | 0,6795 | — | 0,6774 | 0,6874 |
| 20 | 0,6877 | 0,7476 | 0,7034 | 0,7054 | 0,6894 | 0,6928 |
| 22 | 0,7001 | 0,7542 | 0,7126 | — | 0,7012 | — |
| 28 | 0,7123 | 0,7690 | 0,7292 | 0,7300 | 0,7083 | — |
| 32 | 0,7231 | 0,7818 | 0,7353 | 0,7400 | 0,7192 | 0,7250 |
| 36 | 0,7287 | 0,7856 | 0,7420 | — | 0,7247 | — |
| 40 | 0,7350 | 0,7949 | 0,7490 | 0,7500 | 0,7291 | 0,7400 |

Die nächstfolgende Tabelle enthält die in demselben Zeitraum für die Ebonitplatte IV erhaltenen Werthe von $\alpha$.

**Tabelle III.** Ebonitplatte IV.

| Zeit in Minuten | Abstand der Collectorplatte | | | |
|---|---|---|---|---|
| | mm. 0,00 | mm. 0,294 | | mm. 0,588 |
| 1 | 0,5599 | 0,6691 | 0,5589 | 0,5776 |
| 2 | 0,5732 | 0,7098 | 0,5704 | 0,5973 |
| 3 | 0,5828 | 0,7279 | 0,5836 | 0,6150 |
| 4 | 0,5937 | 0,7466 | 0,5945 | 0,6155 |
| 6 | 0,6118 | 0,7778 | 0,6126 | 0,6320 |
| 8 | 0,6243 | 0,7955 | 0,6289 | 0,6565 |
| 12 | 0,6412 | 0,8289 | 0,6591 | 0,6726 |
| 16 | 0,6490 | 0,8547 | 0,6650 | 0,6870 |
| 20 | 0,6616 | — | 0,6954 | 0,6967 |
| 24 | 0,6694 | — | 0,7030 | 0,7058 |
| 28 | 0,6761 | — | 0,7146 | 0,7207 |
| 32 | 0,6765 | — | 0,7237 | 0,7265 |
| 36 | 0,6838 | — | 0,7330 | 0,7308 |
| 40 | 0,6860 | — | 0,7397 | 0,7358 |

Tabelle IV gibt die in dem gleichen Zeitraum für die Ebonitplatte III gefundenen Werthe von a.

**Tabelle IV.** Ebonitplatte III.

| Zeit in Minuten. | Abstand der Collectorplatte | | | |
|---|---|---|---|---|
| | mm. 0,294 | | mm. 0,588 | |
| 1 | 0,5847 | 0,6194 | 0,5896 | 0,5742 |
| 2 | 0,6057 | 0,6335 | 0,6116 | 0,5862 |
| 3 | 0,6218 | 0,6496 | 0,6173 | 0,5965 |
| 4 | 0,6283 | 0,6617 | 0,6261 | — |
| 6 | 0,6453 | 0,6732 | 0,6422 | 0,6216 |
| 8 | 0,6659 | 0,6865 | 0,6533 | 0,6425 |
| 12 | 0,6774 | 0,7077 | 0,6607 | 0,6551 |
| 16 | 0,6818 | 0,7232 | 0,6771 | 0,6682 |
| 20 | 0,6950 | 0,7400 | 0,6965 | 0,6839 |

14.

Vergleicht man zunächst die für ein und dieselbe Platte erhaltenen Werthe für $\alpha$ so findet man in den für gleiche Zeiten bei jeder der 4 Platten bestimmten Werthen von $\alpha$ ziemlich beträchtliche Unterschiede, welche bei der Platte VI bis auf 0,2 des mittlern Werthes von $\alpha$ reichen, bei Platte IV einen noch beträchtlich höhern Betrag erreichen. Dass diese Unterschiede nicht etwa einen Fehler in der Bestimmung der Constanten des Apparates begründet sind, ergibt sich abgesehen von der Grösse der Unterschiede daraus, dass die Unterschiede bei gleicher Lage der Collectorplatte in jeder Tabelle ebenso gross sind, als diejenigen, welche bei den verschiedenen Lagen derselben erhalten sind. Bei gleicher Lage der Collectorplatte ändert sich aber nur der Werth des Quotienten B, in welchem wie vorher gezeigt wurde, Fehler von solcher Grösse nicht möglich sind, die nothwendig wären um derartige Unterschiede zu erklären.

Wir müssen daher schliessen, dass der Gang der Influenz bei einer und derselben isolirenden Platte in der That zu verschiedenen Zeiten ein sehr verschiedener sein kann. Als einen wesentlichen Grund dieser Verschiedenheit gab sich der Feuchtigkeitszustand der Luft zu erkennen, indem die Werthe von $\alpha$ stets rascher wachsen, wenn die Luft feuchter ist.

Den Nachweis hierfür lieferte der Gang der Versuche selbst, indem die Zunahme von $\alpha$ mit der Zeit stets dann ein rascherer war, wenn auch der Elektricitätsverlust ein grösserer war. Es genügt das an einzelnen Beispielen zu zeigen. Bei Platte VI zeigen die zweite und dritte Columne den grössten Unterschied in den gleichzeitigen Werthen von $\alpha$. Bei der Versuchsreihe, welche die Columne 2 lieferte nahm der Werth des Potentials auf der Collectorplatte während der Dauer des Versuches ab von 0,9635 auf 0,6602;

bei der in Columne 3 dargestellten Versuchsreihe in der beträchtlich grössern Zeit nur von 0,9769 auf 0,8335.

Einen noch grössern Unterschied zeigen die Reihen 2 und 3 der Tabelle III für die Platte IV. Bei der zweiten Reihe für die Platte IV nahm der Werth des Potentials in 12 Minuten von 0,8871 ab auf 0,6275, bei der in der folgenden Columne dargestellten Reihe dagegen in 40 Minuten nur von 0,9257 auf 0,8043.

Man ist geneigt diesen Unterschied auf eine mehr oder weniger starke Leitung der Oberflächen der Isolatoren zu schieben, welche durch eine Condensation der Luftfeuchtigkeit bedingt wird, da die Temperatur, bei welcher die den einzelnen Platten angehörigen Werthe gefunden wurden, immer sehr nahe die gleiche war, etwa 18° C, die Temperatur bis zu welcher der Raum meines Laboratoriums ziemlich constant geheizt ist.

Man muss dann für alle von mir untersuchten Isolatoren einen ziemlich gleichen Einfluss der condensirten Feuchtigkeit auf die Oberflächenleitung annehmen, da sich bei allen ähnliche Unterschiede in dem Verlaufe der Influenz zeigen; weiter auch muss diese Condensation ziemlich schnell erfolgen, denn die Unterschiede zeigten sich auch, wenn man die Platten vorher in einem durch wasserfreie Phosphorsäure getrockneten Raume aufbewahrt hatte. Ausserdem müssen dann aber auf diese Oberflächenleitung noch andere nicht erkennbare Einflüsse von Bedeutung sein, da selbst bei gleichem, an der gleichen Schnelligkeit des Elektricitätsverlustes erkennbaren, Feuchtigkeitszustande der Luft sich Unterschiede in dem Gange der Influenz bemerklich machen.

Trotz dieses Unterschiedes in dem Gange der Influenz ist, wie die vorigen Tabellen zeigen der anfängliche Werth der Influenz nicht sehr verschieden, und ebenso werden wir erkennen, dass der schliesslich erreichbare Werth nicht davon beeinflusst wird.

15.

Vergleicht man darnach die Werthe von $\alpha$ für die 4 Platten, deren dickste eine mehr als vierfache Dicke als die dünnste hat, so erkennt man unmittelbar, dass die für die verschiedenen Platten erhaltenen Werthe von $\alpha$ nicht mehr von einander abweichen als die für eine Platte erhaltenen. Es tritt das besonders deutlich hervor, wenn man die für die verschiedenen Platten aus obigen Beobachtungsreihen sich ergebenden den gleichen Zeiten entsprechenden Mittelwerthe von $\alpha$ zusammenstellt. Folgende Tabelle zeigt, wie wenig die Mittelwerthe von einander abweichen, besonders die für die beiden ersten Platten, für deren jede 6 Reihen zu Gebote standen, trotz der grossen in den einzelnen Reihen vorhandenen Unterschiede. Es erklärt sich das eben dadurch, dass die Beobachtungen alle in dem gleichen Zeitraume angestellt sind, so dass die äussern Einflüsse alle Platten nahezu gleichmässig trafen.

**Tabelle V.**

Mittelwerthe von $\alpha$ für die verschiedenen Platten.

| Zeit in Minuten | Werthe von $\alpha$ für Platte | | | |
|---|---|---|---|---|
| | VI | V | IV | III |
| 1 | 0,5468 | 0,5533 | 0,5911 | 0,5920 |
| 2 | 0,5728 | 0,5791 | 0,6126 | 0,6092 |
| 3 | 0,5901 | 0,5939 | 0,6298 | 0,6213 |
| 4 | 0,6108 | 0,6062 | 0,6375 | 0,6303 |
| 6 | 0,6329 | 0,6244 | 0,6585 | 0,6456 |
| 8 | 0,6515 | 0,6430 | 0,6763 | 0,6641 |
| 12 | 0,6794 | 0,6703 | 0,6979 | 0,6752 |
| 16 | 0,6966 | — | 0,7114 | 0,6876 |
| 20 | 0,7116 | 0,7060 | — | 0,7039 |
| 24 | 0,7246 | — | — | — |
| 28 | 0,7334 | — | — | — |
| 32 | — | 0,7374 | — | — |
| 36 | — | 0,7400 | — | — |
| 48 | 0,7510 | 0,7497 | — | — |

Trotz der in der That nahen Uebereinstimmung der Werthe für $\alpha$ ist indess nicht zu verkennen, dass die für die ersten Minuten erhaltenen Werthe von $\alpha$ für die dünnern Platten die grössern sind, dass erst etwa von der 8 Minuten ab die Werthe wirklich gleich werden. Das zeigt sich ebenso, wenn man die Werthe von $\alpha$ für die beiden noch dünnern Platten I und II hinzufügt. Für diese musste man sich begnügen die Werthe von $\alpha$ für die erste und eine oder einige spätern Zeiten zu bestimmen, da die Ablenkungen am Sinuselektrometer schon sofort nach dem Niederlassen der Collectorplatte nur $2^0 - 3^0$ betrugen; es war desshalb bei der mit dem Sinuselektrometer erreichbaren Genauigkeit ein stetiges Verfolgen der Influenz bei diesen Platten nicht durchzuführen. Die so für die beiden Platten erhaltenen Werthe waren folgende

**Tabelle VI.**

Werthe von $\alpha$ für Platte II und I.

Platte II.

| Zeit. | Werthe von $\alpha$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1′ | 0,6514 | 0,6218 | 0,6035 | 0,6356 | 0,6281 |
| 35′ | — | — | 0,6707 | — | — |
| 40′ | — | — | — | — | 0,6950 |

Platte I.

| Zeit. | Werthe von $\alpha$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0′ | 0,6059 | 0,5976 | 0,6074 | 0,6140 | 0,6129 |
| 53′ | — | — | 0,6789 | — | — |
| 55′ | — | — | — | 0,7393 | — |

Der der ersten Minute entsprechende Mittelwerth für Platte II ist 0,6281, für Platte I 0,6063. Hier gibt also die dickere Platte einen etwas grössern Werth, während der für die dünnere Platte erhaltene nur wenig mehr grösser ist als der für Platte III erhaltene.

Sehen wir von Platte II ab, so ist ein Wachsthum der Werthe $\alpha$ mit abnehmender Plattendicke unverkennbar

Dasselbe gaben die nach der zweiten Methode unter gleichen Verhältnissen gefundenen Werthe zu erkennen. Eine Anzahl für die verschiedenen in den Tagen vom 12. bis 18. Mai 1876 bestimmter Werthe ergaben in Mittel für die Dauer der Influenz von 10 Secunden

| | | | |
|---|---|---|---|
| Platte VI. | $\alpha = 0{,}5881$ | Platte III. | $\alpha = 0{,}6036$ |
| „ V. | $\alpha = 0{,}5930$ | „ II. | $\alpha = 0{,}6263$ |
| „ IV. | $\alpha = 0{,}6042$ | „ II. | $\alpha = 0{,}6135$ |

Dass diese Werthe trotz der kürzer dauernden Influenz zum Theil etwas grösser sind als die vorher für 1 Minute angegebenen Werthe, zeigt den im § 6 erwähnten Einfluss des Abströmens der Elektricität von den die Collectorplatte tragenden Glasstäbchen.

Diese Verschiedenheit der Werthe $\alpha$ verschwindet indess mit wachsender Zeit, indem für die dickeren Platten die Zunahme von $\alpha$ anfänglich eine etwas raschere ist als für die dünnere, von der 6 oder 8 Minute ab lässt sich ein Einfluss der Plattendicke nicht mehr erkennen. Diese nach einiger Zeit eintretende Gleichheit von $\alpha$ zeigt sich auch, wenn man nach der zweiten Methode die Influenz eine sehr lange Zeit nämlich 3 Stunden wirken lässt. Der Werth $\alpha$ wächst dann, wie schon hier erwähnt werden mag, sehr stark und nähert sich sehr der Einheit. Es ergab sich für

| Platte VI. | Platte V. | Platte IV. | Platte III. |
|---|---|---|---|
| $\alpha = 0{,}9561$ | $\alpha = 0.9486$ | $\alpha = 0{,}9424$ | $\alpha = 0{,}9468$ |

Mittel $\alpha = 0{,}9486$.

Dieser Gang der Werthe von $\alpha$ beweist, dass in den Isolatoren, wie es die Theorie der Influenz verlangt, die Influenz von der Dicke der Platten unabhängig ist. Die Potentialtheorie zeigt, dass bei einem plattenförmigen Condensator die scheidende Kraft zwischen den Platten unabhängig von deren Abstand überall den gleichen Werth hat. Ist h die Dichtigkeit der Elektricität in der Collectorplatte und $\delta$ der Abstand der Collector- und Condensatorplatte, so

ist das Potential in einem Abstande x von der Collectorplatte zwischen den Platten

$$V_x = 4\pi h\,(\delta - x)$$

somit die scheidende Kraft

$$\mp \frac{dV_x}{dx} = \pm 4\pi h.$$

Es gilt das mit aller Strenge jedoch nur für Platten von solcher Grösse, dass der Abstand $\delta$ gegen den Durchmesser der Platten verschwindend klein ist. Bei begrenzten Platten, bei denen der Abstand einen im Verhältniss zu den Plattengrössen nicht sehr kleinen Werth hat, muss sich der Einfluss der Ränder bemerklich machen, durch welchen die Scheidungskraft etwas kleiner werden muss. Desshalb muss im Anfange die Influenz in einer dickern Platte etwas kleiner sein. Ist aber der Isolator elektrisch, so wirkt dessen Elektricität der Influenz im Isolator entgegen, und um so mehr je grösser $\alpha$ schon ist. Das Potential geht über in

$$V_x = 4\pi h\,(1 - \alpha)\,(\delta - x)$$

und die scheidende Kraft

$$= \frac{dV_x}{dx} = \pm 4\pi h\,(1 - \alpha)$$

Daraus folgt dann, dass die Influenz in den dickern Platten anfänglich etwas rascher wachsen muss wie in den dünnern Platten, ein Unterschied, der um so mehr verschwinden muss, je stärker die Influenz in dem Isolator wird, je grösser $\alpha$, je mehr sich also das Potential in dem Isolator dem Werthe null nähert, den es überall haben würde, wenn der Isolator bis zu derselben Stärke influencirt würde wie ein Leiter, $\alpha$ also den Werth eins annähme.

Es folgt somit unzweideutig, dass die Influenz in den Isolatoren bei gleicher influenzirender Kraft von der Dicke der Isolatoren unabhängig ist. Der von Kohlrausch sowie

von Herrn von Bezold beobachtete Einfluss der Glasdicke auf die Rückstandsbildung resp. die Abnahme der disponibeln Ladung ist somit andern Umständen zuzuschreiben, bei Kohlrausch der verschiedenen Beschaffenheit der Gläser, bei Herrn von Bezold dem während der Versuche bei den dünnern Platten stattfindenden stärkern Verlust an Elektricität, ein Umstand auf den schon Herr Clausius[6]) hingewiesen hat.

## Ueber die Abhängigkeit der Influenzen in den Isolatoren von der Zeit.

16.

Die in den letzten §§ für den Ebonit mitgetheilten Zahlen beweisen schon, dass die Influenz in den Isolatoren mit der Zeit stetig erst rascher, dann immer langsamer wächst, und dass sie schliesslich sich einem bestimmten Werthe anzunähern scheint, der bei dem Ebonit indess kleiner ist, als der Werth den die Influenz in einem Leiter erreicht. Vor einer genauern Besprechung der Frage wird es aber gut sein erst die an den andern Isolatoren erhaltenen Resultate kennen zu lernen. Ich theile zunächst die an den Schwefelplatten gemachten Beobachtungen mit, welche ich an diejenigen mit Ebonit anschloss, weil der Schwefel als ein vorzüglicher Repräsentant eines reinen Dielektricums gilt, und weil es mir bei einzelnen frühern Beobachtungen schien, als wenn die Influenz im Schwefel nur wenig mit der Zeit zunähme.

Die Dicke der hauptsächlich untersuchten Schwefelplatte war fast genau gleich der von Ebonitplatte V, nämlich 10,34 Mm. im Mittel aller nur 0,06 Mm. differirender Messungen. Sie möge als Schwefelplatte I bezeichnet

6) Clausius. Poggend. Ann. Bd. CXXXIX p. 278.

werden; die Schwefelplatte II, welche wie die erste den gleichen Durchmesser wie die leitenden Platten besass, hatte eine Dicke von 5,14 Mm. und die dritte Schwefelplatte III, deren Durchmesser mehr als doppelt so gross war, eine Dicke von 16 Mm.

Nur die erste Platte ist mit dem Sinuselektrometer untersucht worden; sie lag dabei um eine etwaige Oberflächenleitung möglichst zu eliminiren, nicht direkt auf der abgeleiteten Condensatorplatte, sondern auf drei auf dieselbe aufgesetzten Schellacktröpfchen, so dass die untere Fläche der Schwefelplatte 0,59 Mm. von der oberen Fläche der Condensatorplatte entfernt war. Die Collectorplatte schwebte 0,295 Mm. über der Schwefelplatte.

Folgende Tabelle enthält zwei an dieser Platte gemachten Beobachtungsreisen angeordnet wie die die frühere

**Tabelle VII.**

Schwefelplatte I.

| Zeit | Werth von $\alpha$ | |
|---|---|---|
| 0′ 20″ | 0,5914 | 0,5754 |
| 40″ | 0,5886 | 0,5900 |
| 1′ | 0,5900 | 0,6060 |
| 2′ | 0,5941 | 0,6299 |
| 3′ | 0,5990 | 0,6488 |
| 4′ | 0,6024 | 0,6632 |
| 6′ | 0,6083 | 0,6762 |
| 8′ | 0,6109 | 0,6852 |
| 12′ | 0,6222 | 0,7185 |
| 24′ | 0,6255 | — |
| 36′ | 0,6323 | — |
| 40′ | 0,6341 | — |

Von den beiden Reihen wurde die erste am 25. Februar die andere am 2. März 1876 erhalten, die Unterschiede beider Reihen sind ähnliche wie sie beim Ebonit vorkommen, bei der ersten Reihe wächst $\alpha$ in 40 Minuten nur äusserst wenig, wie wenn in der That der Schwefel nahezu ein reines Dielektricum im Sinne der Auffassung von Faraday wäre, bei der zweiten ist dagegen das Wachsthum ein ziemlich beträchtliches. Der Unterschied bei beiden Reihen war wieder der, dass bei der zweiten die Luft ziemlich feucht, bei der ersten dagegen sehr trocken war. Die Abnahme des Potentials ging bei der ersten Reihe in 40′ von 0,9609 bis zu 0,8029 während bei der zweiten Reihe das Potential der Collectorplatte in 12 Minuten von 0,9470 auf 0,5912 herabsank. Ich mache dabei darauf aufmerksam, dass der in jeder Reihe als letzter angegebener Werth mindestens dieselbe Sicherheit hat als der erste, da er aus einem Werth von B abgeleitet ist, der der Quotient aus dem in der letzten Minute beobachteten Potentiale der über dem Isolator schwebenden Collectorplatte und dem unmittelbar nachher an der aufgezogenen Beobachteten ist.

17.

Bei den mit der Schwefelplatte I nach der zweiten Methode durchgeführten Versuchen lag die Schwefelplatte direkt auf der abgeleiteten Condensatorplatte, die Collectorplatte schwebte über derselben in einem Abstande von $0,295^{\text{mm.}}$ Die Werthe von $\alpha$ ergaben sich also aus der Relation

$$\alpha = a \cdot \frac{10,635}{10,340}$$

und a aus der Gleichung

$$a = \frac{B - A}{B - 0,7775}.$$

Den Werth von A gaben 15 im Laufe der Beobachtungen von Zeit zu Zeit gemachte Bestimmungen zu

| | | |
|---|---|---|
| 1,456 | 1,437 | 1,459 |
| 1,438 | 1,445 | 1,476 |
| 1,461 | 1,468 | 1,450 |
| 1,488 | 1,482 | 1,453 |
| 1,466 | 1,471 | 1,473 |

also im Mittel aus allen Beobachtungen

$$A = 1{,}461.$$

Die nächstfolgenden Tabellen geben alle an dieser Schwefelplatte gemachten Beobachtungen, bei denen eine Ladungsdauer von 10'' angewandt wurde, in der Reihenfolge, in welcher sie angestellt wurden. Columne I gibt den Tag der Beobachtung, Columne II gibt an, welche Lage die Platte hatte, das heisst, welche Seite die der Collectorplatte zugewandt war, wobei eine Lage als die normale bezeichnet ist. Columne III gibt das Vorzeichen der zur Ladung der Collectorplatte benutzten Elektricität, Columne IV die direkt beobachteten Werthe von B, die Quadratwurzeln aus den Quotienten der jedesmaligen Torsionen, welche die Nadel des Elektrometers auf $10^0$ stellte, wenn das Elektrometer mit der aufgezogenen Collectorplatte verbunden gewesen war, dividirt durch die, welche das Potential des Batteriepoles mass Columne V gibt endlich die daraus und aus den obigen Angaben berechneten Werthe von $\alpha$.

Die jedesmal zwischen zwei horizontalen Strichen eingeschlossenen Beobachtungen wurden unmittelbar nach einander angestellt, wobei jeder Versuch etwa eine Viertelstunde in Anspruch nahm. So lange in den aufeinanderfolgenden Versuchen bei gleicher Lage der Platte dieselbe Elektricität zur Ladung der Collectorplatte angewandt wurde, überzeugte man sich vor jedem Versuche, dass die Schwefelplatte nicht elektrisch war, indem man die nichtgeladene Collectorplatte

bis zu der stets angewandten Entfernung von der Schwefelplatte herabliess, dann ableitend berührte und während sie mit dem Elektrometer in Verbindung war nach aufgehobener Berührung emporzog. Konnte man dann im Elektrometer keine Ladung erkennen, so bewies das, dass die Schwefelplatte nicht elektrisch war, oder genauer, dass das elektrische Potential der Schwefelplatte in der Collectorplatte nicht messbar war, was für unsere Versuche dieselbe Bedeutung hat. Liess sich bei diesem Versuche im Elektrometer auch nur eine Spur von Elektricität erkennen, so wurde die Schwefelplatte durch die Flamme eines Bunsen'schen Brenners gezogen, bis sie in der angegebenen Weise geprüft unelektrisch gefunden wurde. Die in der letzten Columne stehende Bemerkung „Flamme" bedeutet, dass vor dem nebenstehenden Versuche die Platte durch die Flamme gezogen war.

Um eine Vorstellung von der Grösse der zur Bestimmung von B gemessenen Torsionen des Glasfadens zu geben, bemerke ich, dass das Potential des Batteriepoles bei Anwendung der 12 Meidinger'schen Elemente durch eine Torsion von etwa $60^0$ gemessen wurde. Dem Werthe $B = 2{,}270$ entspricht dann eine Torsion von $366^0$ nach dem Aufziehen der Collectorplatte, dem Werthe $B = 3$ eine Torsion von $540^0$ dem Werthe $B = 3{,}5$ eine Torsion von $735^0$ u. s. f.

## Tabelle VIII.

Schwefelplatte I stets 10″ influenzirt.

| Zeit. | Lage der Platte | Vorzeichen der Ladung. | B | $\alpha$ | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| 1876 Mai 20. Vorm. | normal | — | 2,470 | 0,6132 | |
| " | " | — | 2,626 | 0,6483 | |
| " | " | — | 3,051 | 0,7193 | Flamme |
| Mai 20. Nachm. | normal | — | 2,652 | 0,6535 | |
| " | " | — | 2,785 | 0,6737 | |
| " | " | — | 2,898 | 0,6917 | |
| " | umgekehrt | — | 2,707 | 0,6643 | Flamme |
| " | normal | — | 2,840 | 0,6877 | |
| " | " | — | 2,829 | 0,6859 | |
| " | " | — | 2,596 | 0,6420 | 1½ Stunde später |
| " | " | + | 2,652 | 0,6535 | |
| " | " | — | 2,623 | 0,6477 | |
| " | " | — | 2,899 | 0,6969 | Flamme |
| Mai 22. Vorm. | normal | — | 2,587 | 0,6382 | |
| " | " | — | 2,743 | 0,6709 | |
| " | " | — | 2,828 | 0,6859 | |
| " | " | — | 2,832 | 0,6865 | |
| " | " | — | 2,925 | 0,7028 | Flamme |
| " | " | — | 2,883 | 0,6947 | |
| " | " | — | 2,885 | 0,6952 | Flamme |
| " | " | — | 3,039 | 0,7178 | Flamme |
| " | " | — | 3,000 | 0,7123 | |
| " | " | + | 2,969 | 0,7078 | |
| Mai 22. Nachm. | " | — | 2,679 | 0,6589 | |

18.

Die in vorstehender Tabelle VIII mitgetheilten Zahlen zeigen einen durchaus unerwarteten Verlauf; anstatt wie man erwarten sollte constant zu sein, nehmen die Werthe für B und damit für $\alpha$, welche bei aufeinander folgenden Versuchen erhalten wurden, im grossen und ganzen stetig zu, und werden im allgemeinen um so grösser, je öfter man den Versuch ohne Zwischenzeit wiederholt. Ueberlässt man dann aber die Platten eine Zeitlang sich selbst, so wird B wieder kleiner und damit sinkt der Werth von $\alpha$ wieder hinab. Es ist gerade, wie wenn durch eine mehrfach wiederholte Influenzirung die Elektricität in dem nichtleitenden Schwefel beweglicher würde und deshalb bei gleicher Dauer der Influenz immer stärker auseinander ginge. Ueberlässt man die Schwefelplatte sich selbst einige Zeit hindurch, so würde die Beweglichkeit wieder abnehmen.

Dass diese Zunahme von B nicht etwa einem Herabsinken der Collectorplatte oder einer Zunahme des Potentials am Batteriepole zuzuschreiben ist, davon überzeugte man sich stets indem man die Abstände controlirte, ebenso das Potential der Batterie jedesmal beobachtete und ferner von Zeit zu Zeit den Werth von A bestimmte.

Man konnte indess bei obigen Versuchen noch vermuthen, da bei denselben mit nur zwei Ausnahmen stets dieselbe Elektricitätsart zur Ladung angewandt ist, dass trotz der vor jedem Versuche vorgenommenen Prüfung der Platte, in derselben eine gewisse bleibende Vertheilung der Elektricitäten eingetreten sei, zu welcher sich dann die neue Influenz addirt habe. Um das zu prüfen wurde bei weitern Versuchen stets das Vorzeichen der influenzirenden Elektricität oder die Lage der Platte gewechselt, so dass die vorher obere Seite die untere wurde. Wäre bei den vorhergehenden Versuchen die Ursache des Wachsens eine bleibende Influenz gewesen, so hätte jetzt ein solches Wachsen

nicht stattfinden können. Tabelle IX zeigt dagegen, dass das Wachsen ein noch stärkeres war.

**Tabelle IX.**

Schwefelplatte I. stets 10″ influenzirt.

| Zeit | Lage der Platte | Vorzeichen der Ladung | B | α |
|---|---|---|---|---|
| Mai 23 Vorm. | normal | — | 2,819 | 0,6843 |
| „ | „ | + | 2,954 | 0,7056 |
| „ | „ | — | 2,999 | 0,7122 |
| „ | „ | + | 3,191 | 0,7373 |
| „ | „ | — | 3,196 | 0,7381 |
| „ | „ | + | 3,082 | 0,7236 |
| „ | „ | — | 3,121 | 0,7286 |
| Mai 23 Nachm. | normal | — | 2,883 | 0,6946 |
| „ | „ | + | 3,111 | 0,7273 |
| „ | „ | — | 3,296 | 0,7495 |
| „ | „ | + | 3,310 | 0,7510 |
| „ | umgekehrt | + | 3,414 | 0,7795 |
| „ | „ | — | 3,314 | 0,7514 |
| „ | „ | — | 3,348 | 0,7576 |
| „ | normal | — | 3,995 | 0,8114 |
| Mai 24 Vorm. | normal | + | 2,910 | 0,6990 |
| „ | „ | — | 3,247 | 0,7448 |
| „ | umgekehrt | — | 3,296 | 0,7495 |
| „ | normal | — | 3,715 | 0,7893 |
| „ | umgekehrt | — | 3,428 | 0,7635 |
| „ | „ | + | 3,490 | 0,7694 |
| „ | „ | — | 3,529 | 0,7739 |
| „ | „ | + | 3,680 | 0,7864 |
| „ | normal | — | 3,552 | 0,7753 |
| „ | „ | + | 3,640 | 0,7834 |
| Mai 24 Nachm. | „ | + | 3,482 | 0,7687 |
| Juni 1 | normal | — | 2,692 | 0,6614 |
| „ | umgekehrt | — | 2,692 | 0,6614 |

Ich habe dann später diese Beobachtungen noch öfters wiederholt, stets mit demselben Erfolg, es wurde im allgemeinen bei gleicher Dauer der Influenz der Werth von $\alpha$ um so grösser je öfter man den Versuch wiederholte. Ich theile von diesen Versuchen noch in Tabelle X. zwei Reihen mit, deren erste am 12. Juni, deren zweite am 27. Juni 1876 erhalten wurde. In der ersten wurden halbe und ganze Secunden als Dauer der Influenz genommen in der zweiten, wechselte die Dauer zwischen 1″ und 10″. Da die Ladungen durch das Eintauchen eines mit der Hand geführten Kupferhakens, der an einem isolirenden Stiele befestigt war, bewirkt wurden, so können die halben und einzelnen Secunden nicht mit derselben Genauigkeit genommen werden wie die Dauer von 10″, indess tritt das Wachsen der Influenz bei öfterer Wiederholung des Versuches doch nicht minder deutlich hervor.

**Tabelle X.** Schwefelplatte I.

| Dauer der Influenz | Lage der Platte | Vorzeichen der Ladung | B | $\alpha$ |
|---|---|---|---|---|
| 0″, 5 | normal | + | 2,609 | 0,6447 |
| 0″, 5 | umgekehrt | + | 2,778 | 0,6773 |
| 0″, 5 | " | — | 2,682 | 0,6594 |
| 0″, 5 | normal | — | 2,768 | 0,6754 |
| 1″ | " | + | 2,840 | 0,6877 |
| 1″ | umgekehrt | + | 2,907 | 0,6984 |
| 1″ | " | — | 2,715 | 0,6657 |
| 1″ | normal | — | 2,910 | 0,6989 |
| 10″ | normal | — | 3,250 | 0,7443 |
| 1″ | " | + | 2,658 | 0,6601 |
| 10″ | " | + | 3,688 | 0,7871 |
| 1″ | " | + | 2,972 | 0,7083 |
| 1″ | " | — | 3,291 | 0,7485 |
| 10″ | " | — | 3,936 | 0,8061 |
| 1″ | " | + | 3,177 | 0,7378 |
| 10″ | " | + | 4,172 | 0,8215 |
| 1″ | " | + | 3,378 | 0,7583 |

19.

In der folgenden Tabelle XI theile ich zwei Versuchsreihen mit, welche mit der Schwefelplatte II ausgeführt sind, die nur etwa halb so dick war als Schwefelplatte I; sowohl die Werthe von $\alpha$ als der Gang derselben stimmen, mit Beachtung dessen, was vorhin über den Einfluss der Dicke der Platten gesagt ist, vollständig mit den an der ersten Schwefelplatte erhaltenen Ergebnissen überein. Der Werth von A ergab sich aus 4 Versuchen

$$A = 1{,}823$$

Von den beiden Reihen ist die erste am 9. die zweite am 12. Juni 1876 erhalten.

**Tabelle XI.**

Schwefelplatte II.

| Dauer der Influenz | Lage der Platte | Vorzeichen der Ladung | B | $\alpha$ |
|---|---|---|---|---|
| 0″, 5 | normal | + | 3,492 | 0,6492 |
| 0″, 5 | „ | — | 3,608 | 0,6668 |
| 10″ | „ | + | 5,038 | 0,7979 |
| 10″ | „ | — | 4,957 | 0,7853 |
| 10″ | „ | + | 5,500 | 0,8147 |
| 0″, 5 | „ | + | 4,005 | 0,7140 |
| 0″, 5 | „ | — | 3,841 | 0,6965 |
| 0″, 5 | „ | — | 5,005 | 0,7140 |
| 0″, 5 | „ | — | 3,862 | 0,6990 |
| 0″, 5 | „ | + | 3,975 | 0,7117 |
| 0″, 5 | „ | + | 3,988 | 0,7131 |
| 0″, 5 | umgekehrt | — | 3,619 | 0,6684 |
| 0″, 5 | „ | + | 3,729 | 0,6828 |
| 0″, 5 | normal | + | 3,831 | 0,6954 |
| 10″, 0 | „ | — | 4,627 | 0,7702 |

20.

Die in den letzten §§ mitgetheilten Versuche beweisen, dass auch bei wechselnder Ladung oder bei wechselnder Lage der Platte der durch eine gleiche Dauer der Einwirkung hervorgerufene Grad der Influenz bei öfterer Wiederholung zunimmt, ähnlich wie durch längere Dauer der Influenz, ja dass es selbst den Anschein hat, als würde durch häufigeres Influenziren selbst dauernd der Schwefel leichter influenzirbar, ein Zustand der nur durch längeres Liegen allmählich verschwindet.

Diese Zunahme der Influenz bei gleicher Dauer der Einwirkung lässt sich nicht auf eine Vermehrung der oberflächlichen Leitung erklären, wenigstens nicht durch etwaige Condensation von Feuchtigkeit, da sie unter allen Umständen bei Wiederholung der Influenz eintritt, und da in der Zeit eines Vormittags oder Nachmittags sich der Feuchtigkeitszustand der Luft nicht in dem Masse ändert, um derartige Aenderungen von $\alpha$ zu erklären. Um indess auch experimentell mich davon zu überzeugen, dass die Oberflächenleitung bei diesem Verhalten der Schwefelplatten keine wesentliche Rolle spielt, habe ich auch die Schwefelplatte III zu einigen Versuchen benutzt. Die mit dieser erhaltenen Zahlen können nicht die gleiche Genauigkeit beanspruchen wie die frühere, da die Dicke der Platte nicht mit dem Sphärometer gemessen werden konnte, und da der Abstand der Collectorplatte von der obern Fläche der Schwefelplatte nicht so genau bestimmt werden konnte, da der Rand der Schwefelplatte um etwa 6 Centim. über den Rand der Collectorplatte hervorragte, somit nicht mit dem Mikroskope der Abstand gemessen werden konnte. Trotzdem die Platte so viel grösser war, zeigte sich dennoch in den Werthen von $\alpha$ derselbe Gang. So nahm an einem Tage bei 4 Versuchen der Werth von $\alpha$ von 0,5882 bei dem ersten zu bis 0,6086 bei dem vierten, bei einer andern

Versuchsreihe von demselben Werthe 0,5882 beim ersten bis zu 0,6844 bei dem 13 Versuche, wenn stets wechselnde Ladungen und eine Ladungsdauer von 0,5 Secunde angewandt wurde. Es wird überflüssig sein auch die Tabellen dieser Versuche mitzutheilen, da sie nichts neues bieten.

21.

Nach der zweiten Methode sind auch die Werthe von $\alpha$ bestimmt, welche bei sehr langer Dauer der Influenz eintreten. Der Werth von $\alpha$ nahm dann in einer solchen Weise zu, dass selbst bei den dicken Platten zur Ladung nicht die 12 Elemente benutzt werden konnten. Schon bei Anwendung von 6 oder 4 Elementen ergaben sich Torsionen des Glasfadens von bis zu 5 ganzen Umdrehungen. Diese vertrug der Faden indess ganz gut, es zeigte sich nach einer solchen Torsion nur eine elastische Nachwirkung von einigen Graden, die sich indess nach Verlauf einiger Zeit, höchstens 1 Stunde, wieder verlor. Bei Anwendung von 6 Elementen ist die Torsion nur $^1/_4$ von derjenigen bei Ladung mit 12 Elementen, da der Werth des Potentials des Batteriepoles dann nur $^1/_2$ ist. Deshalb konnte das Potential des Poles nicht mit derselben Sicherheit gemessen werden, da bei der schwachen Torsion der Einstellungsfehler der Nadel nicht viel kleiner ist als bei der Torsion von 60°, welche die 12 Elemente stets annähernd geben, der Einfluss der Luftströmungen aber ein grösserer ist. Es wurde daher das Potential des Batteriepoles ausser der direkten Messung hier stets auch dadurch bestimmt, dass unmittelbar nach Beendigung des Versuches das Potential des Batteriepoles bestimmt wurde, von denen die benutzten 6 oder 4 einen Theil ausmachten. Es wurde dann, wenn beide Werthe nicht genau übereinstimmten, das Mittel aus beiden genommen.

In dieser Weise ergaben sich für die drei Schwefelplatten folgende Werthe

**Tabelle XII.**

| Dauer der Influenz | $\alpha$ für Schwefelplatte I | II | III |
|---|---|---|---|
| 1 Stunde | 0,9500 | — | — |
| 2 Stunden | 0,9680 | — | — |
| 3 Stunden | — | 0,9884 | 0,9360 |
| 4 Stunden | — | — | 0,9665 |

Wie man sieht nähern sich diese Werthe sehr der Einheit ohne sie indess ganz zu erreichen, selbst bei der Schwefelplatte III, welche wie erwähnt einen etwa doppelt so grossen Durchmesser hatte, als die leitenden Platten, so dass bei diesen eine oberflächliche Leitung wohl nicht angenommen werden kann.

22.

Für die Ebonitplatten habe ich bereits in dem vorigen Abschnitte die einer Influenz von 10″ entsprechenden Werthe von $\alpha$ sowie die schliesslich erreichten Werthe für die 4 dickern Platten angegeben (§ 15). Die der Dauer von 10″ entsprechenden Werthe sind aus einer Anzahl einzelner Beobachtungen abgeleitet, welche nach einander in dem dort angegebenen Zeitraum mit den verschiedenen Platten angestellt wurden, und bei denen zufällig mit einer und derselben Platte die Versuche nach einander nicht mehr als höchstens zweimal angestellt waren. Nachdem bei der Schwefelplatte sich das eigenthümliche Verhalten herausgestellt, dass bei häufigerer Wiederholung der Influenz der einer gleichen Dauer der Einwirkung entsprechende Werth von $\alpha$ beträchtlich zunahm, habe ich mit der Ebonitplatte V die Versuche nach der gleichen Richtung wiederholt.

Das Resultat war auch hier dasselbe, der Werth von $\alpha$ nahm in ganz ähnlicher Weise zu wie bei dem Schwefel. Ich begnüge mich damit zwei Versuchsreihen mitzutheilen, welche am 26. Mai 1876 bei trockner und am 27. Mai 1876 bei trockner und am 27. Mai bei sehr feuchter Luft ausgeführt worden sind. Bei fester Lage der Platten wurde stets das Vorzeichen der Ladung gewechselt, die Ladungsdauer ist jedesmal 10″.

**Tabelle XII.**

Ebonitplatte V.

| 26. Mai | | 27. Mai | |
|---|---|---|---|
| Vorzeichen der Ladung | $\alpha$ | Vorzeichen der Ladung | $\alpha$ |
| − | 0,5982 | + | 0,6879 |
| + | 0,6281 | − | 0,7109 |
| + | 0,6428 | + | 0,6980 |
| − | 0,6436 | − | 0,7297 |
| + | 0,6506 | + | 0,7230 |
| + | 0,6618 | | |
| − | 0,6619 | | |

Dasselbe ergab eine Versuchsreihe für Ebonitplatte IV, in welcher $\alpha$ von 0,7417 bei dem ersten Versuche bis 0,6999 bei dem vierten Versuche zunahm.

Die beiden dünnen Ebonitplatten lieferten bei langer Dauer der Influenz ebenfalls Werthe für $\alpha$, welche annähernd den für die dickern gefundenen gleich waren. Für Platte II, deren Dicke 2,24 Mm. betrug, erhielt ich bei drei 2 bis 3 Stunden dauernder Influenz, als die Collectorplatte 0,35 Mm. über derselben schwebte für $\alpha$ die Werthe 0,9465; 0,8152; 0,9040. Für Platte I deren Dicke 1,12 Mm. betrug, ergab sich als die Collectorplatte 0,59 Mm. darüberschwebte, ein Werth von $\alpha$, der sogar etwas grösser als 1

war nämlich 1,030. Da indess bei diesen dünnen Platten ein kleiner Fehler in der Bestimmung des Abstandes der Collectorplatte von sehr beträchtlichem Einfluss ist, so ist der bei ihnen durch lange Dauer der Influenz erreichte Werth von $\alpha$ mit einer grösseren Unsicherheit behaftet, als bei den dickern Platten. Jedenfalls zeigen auch diese Beobachtungen, dass der nach langer Dauer der Influenz im Ebonit erreichte Werth von $\alpha$ der Einheit ziemlich nahe kommt.

23.

Die übrigen von mir untersuchten isolirenden Substanzen boten im wesentlich dieselben Erscheinungen wie Schwefel und Ebonit, es wird deshalb nicht erforderlich sein die Resultate mit der gleichen Ausführlichkeit mitzutheilen.

Von Paraffin sind zu den Versuchen 5 Platten verschiedener Dicke benutzt worden, dieselben waren

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | mm. |
| Platte | I | mit | einer | Dicke | von | 13,20 |
| „ | II | „ | „ | „ | „ | 9,40 |
| „ | III | „ | „ | „ | „ | 6,71 |
| „ | IV | „ | „ | „ | „ | 2,15 |
| „ | IVa | „ | „ | „ | „ | 2,20 |

Die vier ersten Platten waren, wie früher schon angegeben ist, aus einem Stück käuflichen Paraffins herausgeschnitten und durch Schaben auf die betreffende Dicke gebracht, die Platte IVa war durch Schmelzen der bei Darstellung der andern Platten abgefallenen Stücke und Giessen erhalten. Ich führe die mit derselben erhaltenen Resultate deshalb an, weil die Werthe von $\alpha$ dort wesentlich andere sind als bei Platte IV, ein Beweis wie wesentlich der Gang der Influenz durch geringe Umstände beeinflusst werden kann.

Um die Schwankungen der für eine und dieselbe Platte zu versehiedenen Zeiten sich ergebenden Werthe von $\alpha$ hervortreten zu lassen, theile ich in der folgenden Tabelle drei mit Platte III erhaltene Reihen mit, welche mit dem Sinuselektrometer durchgeführt worden sind.

## Tabelle XIV.

Paraffinplatte III.

| Zeit | Werth von $\alpha$ | | |
|---|---|---|---|
| 1' | 0,4520 | 0,4789 | 0,5249 |
| 2' | 0,4594 | 0,4881 | 0,5362 |
| 3' | 0,4644 | 0,4979 | 0,5481 |
| 4' | 0,4663 | — | 0,5579 |
| 6' | 0,4755 | 0,5000 | 0,5635 |
| 8' | 0,4849 | 0,5159 | 0,5753 |
| 12' | 0,4988 | 0,5263 | 0,5920 |
| 20' | 0,5257 | 0,5482 | 0,6225 |
| 28' | 0,5486 | — | 0,6300 |
| 40' | 0,5643 | 0,5636 | 0,6383 |
| 60' | — | 0,6000 | — |
| 80' | — | 0,6427 | — |

In folgender Tabelle stelle ich die Mittelwerthe für die 5 Paraffinplatten, wie sie sich aus den Versuchen mit dem Sinuselektrometer ergeben haben, zusammen

## Tabelle XV.

Paraffin.

| Zeit. | Werthe von $\alpha$ für Platte | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | IVa |
| 1' | 0,4592 | 0,4530 | 0,4853 | 0,4933 | 0,5599 |
| 4' | 0,4822 | 0,4754 | — | — | 0,6246 |
| 8' | 0,5011 | 0,5022 | 0,5253 | 0,5094 | 0,6777 |
| 12' | 0,5146 | 0,5148 | 0,5390 | 0,5205 | 0,6945 |
| 20' | 0,5356 | 0,5336 | 0,5655 | — | — |
| 28' | 0,5509 | — | — | — | — |
| 40' | 0,5730 | — | 0,5886 | 0,5752 | — |
| 48' | — | — | — | — | 0,8067 |
| 60' | 0,6052 | — | 0,6000 | 0,5978 | — |

Die Platte IVa hatte wie erwähnt fast genau dieselbe Dicke wie Platte IV und unterschied sich nur dadurch, dass sie aus den bei Bearbeitung der andern Platten erhaltenen Abfällen durch Zusammenschmelzen erhalten war. Die Tabelle zeigt wie gross durch dies einmalige Schmelzen der Unterschied in der Influenz dieser Platte gegenüber den andern Platten geworden ist. Die für die übrigen Platten erhaltenen Werthe zeigen denselben Verlauf wie die Ebonitplatten, nur dass die Werthe von $\alpha$ ganz beträchtlich kleiner sind.

Dass auch bei dem Paraffin eine wiederholte Influenz den Werth von $\alpha$ steigerte zeigten unter andern folgende an Platte II gemachte Beobachtungen, bei einer Ladungsdauer von 10″.

| Vorzeichen der Ladung. | $\alpha$ |
|---|---|
| — | 0,4306 |
| + | 0,4734 |
| — | 0,5173 |
| + | 0,5173 |
| + | 0,5265 |

Die für die Paraffinplatten bei jedesmal erster 10″ dauernder Ladung waren im Mittel

| | | |
|---|---|---|
| für Platte | I | $\alpha =$ 0,4235 |
| „ | II | 0,4397 |
| „ | III | 0,4358 |
| „ | IV | 0,4867 |
| „ | IVa | 0,5355 |

Für eine vierstündige Ladungsdauer ergab sich für Platte II, deren Dicke jener der dickern Schwefelplatte am nächsten kam

$$\alpha = 0,7851$$

und für die Platte IV

$$\alpha = 0,7820$$

Wie man sieht wächst auch für Paraffin der Werth von $\alpha$ ganz beträchtlich, bleibt aber weit hinter dem für Schwefel und Ebonit erhaltenen zurück.

24.

Die verschiedenen zu den Versuchen benutzten Schellackplatten, oder genauer aus einer Mischung von Schellack und venetianischem Terpentin bestehenden Platten ergaben für die Influenz ziemlich verschiedene Werthe, was indess, da wir es hier mit Gemischen zweier Substanzen zu thun haben, in denen die Mengenverhältnisse der Bestandtheile keinenfalls die gleichen sind, nicht auffällig erscheinen kann. Es möge genügen für zwei Schellackplatten je drei und zwei Reihen von Beobachtungen mitzutheilen, welche den Unterschied der für $\alpha$ erhaltenen Werthe zeigen, gleichzeitig aber erkennen lassen, dass auch hier der Gang der Influenz im grossen und ganzen der gleiche ist, wie bei den andern Substanzen. Von den Platten hatte die Platte I eine Dicke von 10,93; Platte II von 13,58 Mm.

**Tabelle XVI.**

Schellackplatte I und II.

| Zeit. | Werth von $\alpha$ für Platte | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I | I | I | II | II |
| 1′ | 0,7094 | — | 0,6946 | 0,5929 | 0,5998 |
| 4′ | 0,7723 | 0,6804 | 0,7383 | 0,6329 | 0,6300 |
| 8′ | 0,7920 | 0,7025 | 0,7620 | 0,6554 | 0,6446 |
| 16′ | 0,8148 | 0,7373 | 0,7870 | 0,6832 | 0,6650 |
| 24′ | 0,8321 | 0,7505 | 0,7900 | 0,6946 | 0,6747 |
| 32′ | 0,8356 | 0,7650 | 0,7946 | 0,6990 | 0,6839 |
| 40′ | — | — | 0,7987 | 0,7016 | 0,7033 |
| 48′ | — | — | — | 0,7033 | 0,7099 |
| 56′ | — | — | — | 0,7087 | 0,7099 |

Für die Platte II wurden dann nach der zweiten Methode unter andern folgende Werthe erhalten.

| Dauer der Ladung. | Vorzeichen der Ladung und Lage der Platten | $\alpha$ |
|---|---|---|
| 10″ | normal — | 0,5639 |
| 10″ | umgekehrt — | 0,6032 |
| 10″ | umgekehrt + | 0,6277 |
| 10″ | normal + | 0,6185 |
| 0″, 5 | normal — | 0,5933 |
| 0″, 5 | umgekehrt — | 0,6130 |
| 10″ | normal — | 0,6757 |
| 1′ — | normal — | 0,7585 |
| 3 Stunden | normal — | 0,9405 |
| 2 „ | normal — | 0,9369 |

Für Platte I ergab ein Versuch nach 1,5 Stunden $\alpha = 0,9107$.

Nach der zweiten Methode wurde noch eine dritte Platte untersucht, deren Dicke 7,7 Mm. war, sie ergab am 11. und 13. Juni 1876 folgende Werthe von $\alpha$.

| Dauer der Ladung | Vorzeichen der Ladung und Lage der Platten | $\alpha$ |
|---|---|---|
| 0″, 5 | normal — | 0,5998 |
| 0″, 5 | umgekehrt — | 0,5946 |
| 10″ | normal — | 0,6530 |
| 10″ | normal + | 0,6472 |
| 1′ — | normal — | 0,6834 |
| 2′ — | normal — | 0,6907 |
| 0″, 5 | normal — | 0,6129 |
| 0″, 5 | umgekehrt — | 0,6039 |
| 0″, 5 | umgekehrt + | 0,6199 |
| 0″, 5 | normal + | 0,6269 |
| 1 Stunde | normal + | 0,8358 |

25.

Schliesslich theile ich noch die an zwei Spiegelglasplatten gemachten Beobachtungen mit, von denen die eine 7,52, die andere 1,18 Mm. dick war. Die Platten waren, um die in Folge der Hygroskopie des Glases zu befürchtende Oberflächenleitung möglichst unschädlich zu machen, mit braunem Schellackfirniss überzogen. Die folgende Tabelle XVII enthält zunächst die mit dem Sinuselektrometer für beide Platten enthaltenen Werthe.

**Tabelle XVII.** Spiegelglas.

| Zeit | Werthe von $\alpha$ für | |
|---|---|---|
| | Platte I | Platte II |
| 0′ 20″ | 0,7946 | 0,8415 |
| 40″ | 0,8274 | 0,8526 |
| 1′ — | 0,8475 | 0,8825 |
| 2′ — | 0,8765 | 0,9413 |
| 3′ — | 0,8968 | 0,0080 |
| 4′ — | 0,9118 | 0,9857 |
| 6′ — | 0,9461 | — |
| 8′ — | 0,9603 | — |
| 12′ — | 0,9753 | — |

Bei der dünnern Platte ist nach 3 Minuten die Influenz schon ebenso stark als in einem Leiter, bei der dicken Platte ist derselbe Werth nach 12′ noch nicht erreicht. Ich bemerke indess, dass bei der Kleinheit der Ablenkungen am Sinuselektrometer, die nur etwa 30′ betrugen, die letzten Werthe von $\alpha$ unsicher sind, wie das ja auch schon die letzten Werthe bei Platte II erkennen lassen.

Dass indess bei diesen Glasplatten in der That schon nach kurzer Zeit der Werth von $\alpha$ der Einheit sehr nahe kommt, das zeigten auch die Versuche nach der zweiten Methode, welche gleichzeitig wieder das hier sehr rasche Wachsen von $\alpha$ bei öfterer Wiederholung der Influenz erkennen lassen.

## Tabelle XVIII.

Glasplatte 7,52 Mm.

| 10. Juni 1876 | | | | 26. Juni 1876 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dauer der Ladung | Vorzeichen und Lage der Platte | | $\alpha$ | Dauer der Ladung | Vorzeichen und Lage der Platte | | $\alpha$ |
| 0″, 5 | normal | + | 0,7361 | 0″, 5 | normal | + | 0,8078 |
| 0″, 5 | „ | + | 0,7873 | 0″, 5 | „ | — | 0,8581 |
| 0″, 5 | „ | — | 0,8066 | 0″, 5 | „ | + | 0,8539 |
| 0″, 5 | „ | + | 0,8206 | 0″, 5 | „ | — | 0,8630 |
| 0″, 5 | umgekehrt | + | 0,8230 | 10″ | „ | + | 0,9223 |
| 0″, 5 | „ | — | 0,8216 | 10″ | „ | — | 0,9288 |
| 0″, 5 | normal | — | 0,8280 | 10″ | „ | + | 0,9358 |
| 0″, 5 | „ | + | 0,8169 | 10″ | „ | + | 0,9224 |
| 0″, 5 | umgekehrt | + | 0,8335 | 1′ | „ | + | 0,9432 |
| 0″, 5 | normal | + | 0,8339 | 10″ | „ | — | 0,9276 |
| 10″ | „ | + | 0,8854 | 1′ | „ | — | 0,9600 |
| 10″ | umgekehrt | + | 0,8854 | 1′ | „ | + | 0,9420 |
| | | | | 2′ | „ | + | 0,9699 |
| | | | | 1′ | „ | — | 0,9537 |
| | | | | 2′ | „ | + | 0,9796 |

Aehnlich war das Verhalten der dünnen Glasplatte, nur dass bei dieser nach mehrfacher Influenzirung sich schon bei einer Dauer der Influenz von 10″ Werthe von $\alpha$ ergaben, welche der Einheit ziemlich nahe kamen.

In Betreff des Ganges der Influenz im Glase möge es mir gestattet sein, zu bemerken, dass sich für die in meiner schon vorhin erwähnten kleinen Untersuchung über den elektrischen Rückstand benutzten Spiegelglasplatten ein ganz ähnlicher Gang für $\alpha$ ergibt wie für das hier benutzte 7,5 Mm. dicke Glas. Für das damals zu den Versuchen benutzte Fensterglas ergibt sich dagegen ein sehr viel langsameres Wachsen von $\alpha$.

26.

Ueberblicken wir das hier vorgeführte ziemlich ausgedehnte Beobachtungsmaterial für den Gang der Influenz in den Isolatoren mit wachsender Zeit, so ist der im grossen und ganzen übereinstimmende Gang in den verschiedenen Isolatoren nicht zu verkennen. Bei allen wächst die Influenz ganz beträchtlich, wenn auch nicht im gleichen Masse, und bei allen ist die Zunahme im Anfang eine sehr viel raschere als später, so dass bei allen der Werth von $\alpha$ sich einer bestimmten Grenze nähert, der von der Natur des Isolators abhängig zu sein scheint, bei einzelnen aber gleich 1 ist.

Unter gewissen einfachen Voraussetzungen lässt sich leicht aus der Theorie der Influenz ableiten, in welcher Weise $\alpha$ mit der Zeit sich ändern muss, wie das unter andern in ähnlicher Weise schon von Kohlrausch und Herrn von Bezold bei ihren Untersuchungen über den elektrischen Rückstand geschehen ist. Setzen wir einen plattenförmigen Ansammlungsapparat voraus, dessen Radius gegen den Abstand der Platten hinreichend gross ist, so ist, wenn h die Dichtigkeit der Elektricität auf der nicht abgeleiteten Collectorplatte ist, der Werth des Potentials zwischen den Platten im Abstande x von der Collectorplatte

$$V_x = 4\pi h\,(\delta - x)$$

wenn der Zwischenraum zwischen den Platten mit Luft gefüllt ist. Ist der Zwischenraum mit einem Isolator ausgefüllt, auf dessen den leitenden Platten zugewandten Flächen in Folge der Influenz zur Zeit t die elektrischen Dichtigkeiten $\mp\, \alpha h$ sind, so wird das Potential im Abstande x

$$V_x = 4\pi h\,(1 - \alpha)\;(\delta - x).$$

Für die im Innern des Isolators wirksame, die negative Elektricität gegen die eine die positive gegen die andere Grenzfläche des Isolators parallel der Richtung $\alpha$ treibende Kraft ergibt sich daraus

$$\mp \frac{dV_x}{dx} = 4\pi h\,(1-\alpha).$$

Setzen wir nun voraus, dass die Elektricität in dem Isolator in ähnlicher Weise bewegt wird, wie in einem Leiter, und nennen die Leitungsfähigkeit des Isolators, also die Elektricitätsmenge, welche durch die Flächeneinheit des Isolators parallel der Richtung x nach beiden Seiten hindurchtritt, wenn der Werth des Potentials für die Längeneinheit um die Einheit abnimmt k, so wird parallel der Richtung x durch die Flächeneinheit des Isolators in dem Zeitelement dt die Elektricitätsmenge

$$dq = \mp k \frac{dV_x}{dx} dt$$

hindurchgehen. In Folge dessen wächst die elektrische Dichtigkeit auf den Grenzflächen des Isolators um $hd\alpha$, so dass

$$hd\alpha = dq$$

somit

$$hd\alpha = 4\pi h \,.\, k \,.\, (1-\alpha)\, dt$$

oder

$$d\alpha = 4\pi \,.\, k \,.\, (1-\alpha)\, dt.$$

Nach dieser Gleichung müsste $\alpha$ bis zu dem Werthe 1 wachsen, was nach den vorliegenden Erfahrungen nicht allgemein der Fall zu sein scheint.

Dieser Erfahrung tragen wir Rechnung, wenn wir die Annahme machen, dass in jedem Isolator der Scheidung der Elektricitäten eine gewisse von der Natur des Isolators abhängige Gegenkraft entgegenwirkt, die man als eine molekulare Anziehung auf die getrennten Elektricitäten betrachten kann. Diese Kraft kommt zur Wirkung sowie die beiden Elektricitäten geschieden sind und nimmt zu mit der Menge resp. Dichtigkeit derselben. Damit würde dann die Menge der in dem Zeitelement dt durch die Querschnitts-

einheit des Isolators nach beiden Seiten hindurchgehende Elektricitätsmenge nicht einfach der scheidenden Kraft sondern der Differenz dieser und jener molekularen Gegenkraft proportional zu setzen sein, oder es wäre

$$dq = \mp k \left( \frac{dV_x}{d_x} - \mu' \alpha h \right) dt$$

worin $\mu' \alpha h$ jene der Dichtigkeit, $\alpha h$ der geschiedenen Elektricitäten proportionale Gegenkraft, also $\mu'$ eine von der Natur des Isolators abhängige Constante ist.

Damit würde dann

$$dq = h\, d\alpha = k \,.\, 4\pi h\,(1 - \alpha - \mu\alpha)\, dt$$

wenn wir $\mu = \dfrac{\mu'}{4\pi}$ setzen, oder

$$d\alpha = k \,.\, 4\pi \,.\, (1 + \mu) \left( \frac{\alpha}{1+\mu} - \alpha \right) dt.$$

Setzen wir nun $\dfrac{1}{1+\mu} = \varepsilon$, $4\pi k\,(1+\mu) = c$, so ist

$$d\alpha = (\varepsilon - \alpha)\, c\, dt$$

und man sieht, dass der schliesslich erreichte Werth von $\alpha$ nicht 1 sondern $\varepsilon$ ist.

Hiernach ergibt sich $\alpha$ aus der Gleichung

$$\frac{d\alpha}{\varepsilon - \alpha} = c\, dt$$

Ist nun $\alpha_0$ der der Zeit $t = o$ entsprechende Werth von $\alpha$ so folgt

$$\log \frac{\varepsilon - \alpha_0}{\varepsilon - \alpha} = c \,.\, t$$

oder

$$\varepsilon - \alpha = (\varepsilon - \alpha_0)\, e^{-ct} = (\varepsilon - \alpha_0)\, a^{-t}$$

Der der Zeit $t = o$ entsprechende Werth $\alpha_0$ braucht auch, wenn man die Isolatoren nicht als Dielektrica be-

trachtet nicht gleich 0 zu sein, da schon eine molekulare und desshalb in unmessbar kleiner Zeit stattfindende Verschiebung der beiden Elektricitäten eine messbare Elektrisirung des Isolators zur Folge haben kann.

Unter diesen Voraussetzungen müssten also die Differenzen zwischen dem Grenzwerthe und den zur Zeit t erreichten Werthen von $\alpha$ für gleiche Zeitunterschiede einer geometrischen Reihe angehören, deren Coefficient a um so grösser ist, je grösser die Leitungsfähigkeit des Isolators ist.

## 27.

Eine Uebereinstimmung zwischen der soeben abgeleiteten Beziehung, deren strenge Richtigkeit vorausgesetzt, und den zu verschiedenen Zeiten beobachteten Werthen von $\alpha$ kann nur für die mit dem Sinuselektrometer erhaltenen Reihen erwartet werden, da sich gezeigt hat, dass im Sinne der obigen Gleichung die Leitungsfähigkeit des Isolators zu verschiedenen Zeiten eine sehr verschiedene sein kann. Dieser Umstand bewirkt, dass die mit dem Torsionselektrometer erhaltenen Zahlen jener Beziehung nicht entsprechen können. Denn bestimmt man die einer verschieden langen Dauer der Influenz angehörenden Werthe aus den Beobachtungen verschiedener Tage, so weiss man nicht ob die Leitungsfähigkeit des Isolators dann immer dieselbe war, da wie schon hervorgehoben wurde, auch bei annähernd gleichem Feuchtigkeitszustande der Luft, sich noch merkliche Unterschiede in dem Gange der Werthe bei den mit dem Sinuselektrometer erhaltenen Reihen finden. Der Bestimmung von $\alpha$ aus unmittelbar auf einander folgenden Versuchen, bei denen man die Influenz eine verschiedene Zeit dauern lässt, tritt der aus allen Versuchen sich ergebende Umstand hindernd entgegen, dass auch bei gleicher Dauer der Influenz bei aufeinander folgenden Versuchen die

Werthe von $\alpha$ ganz beträchtlich wachsen. Nur die Beobachtungen einer und derselben Reihe, wie sie mit dem Sinuselektrometer erhalten wurden, sind also mit einander vergleichbar; dasselbe gilt mit sehr grosser Annäherung auch für die aus einer Anzahl von Reihen für dieselbe Platte erhaltenen Mittelwerthe, wenn die Quotienten der Reihen, wie hier meist, nur wenig von einander und von 1 verschieden sind, indem dann die mittlern Werthe der Reihen ebenfalls als einer geometrischen Reihe angehörend betrachtet werden können, deren Quotient gleich ist dem Mittelwerthe der Quotienten der einzelnen Reihen.

Aber auch dann kann die Uebereinstimmung besonders der den kleinern Zeiten angehörigen Werthe nach dem frühern und hauptsächlich nach den Bemerkungen des § 15 nur eine angenäherte sein; die anfänglichen Werthe müssen und zwar zumeist bei den dickern Platten zu klein sein, weil sich bei diesen der Einfluss der Begrenzung der Platten bemerkbar macht. Dazu kommt dann, wie früher hervorgehoben wurde, dass bei dem Beginne der Versuche stets von den Glasstäbchen, welche die Collectorplatte trugen, etwas Elektricität auf die Platten zurückkehrte. Alles dieses in Betracht gezogen ergibt sich, dass die beobachteten Werthe von $\alpha$ sich vortrefflich durch die obige Gleichung darstellen lassen. Dass damit kein strenger Beweis für die Richtigkeit unserer Theorie gegeben wird, versteht sich von selbst, da die beobachteten Werthe immer nur ein kleines Stück der Curve umfassen, wenn auch gerade das Stück, welches am stärksten gekrümmt ist. Es genügt indess zu erkennen, dass die gefundenen Werthe jener Theorie hinreichend entsprechen, um in der Grösse von $\alpha$ ein Mass für die in obige Gleichungen eingehende Leitungsfähigkeit der Isolatoren zu erhalten.

Für Ebonit benutzte ich zur Vergleichung der Theorie mit der Erfahrung die an der dünnsten Platte, No. III,

erhaltenen Werthe, denen ich für die Zeit von 20 bis 40 Minuten die an Platte V und VI erhaltenen Werthe hinzufüge, da sich dort der Einfluss der Plattendicke wohl kaum mehr bemerklich macht.

Mit Benutzung der so vorhandenen Werthe von der 3 Minute an, ergibt sich für Ebonit

$$\varepsilon = 0{,}9584 \qquad \alpha_0 = 0{,}6141 \qquad \log a = 0{,}00650$$
$$a = 1{,}0151$$

In der folgenden Tabelle sind die beobachteten und berechneten Werthe zusammengestellt.

**Tabelle XIX.**

Werthe von $\alpha$ für Ebonit.

| Zeit | $\alpha$ beob. | $\alpha$ ber. | $\triangle$ |
|---|---|---|---|
| 1′ | 0,5920 | 0,6198 | — |
| 2′ | 0,6092 | 0,6247 | — |
| 3′ | 0,6213 | 0,6297 | + 84 |
| 4′ | 0,6303 | 0,6346 | + 43 |
| 6′ | 0,6456 | 0,6441 | — 15 |
| 8′ | 0,6641 | 0,6534 | — 107 |
| 12′ | 0,6752 | 0,6771 | + 19 |
| 16′ | 0,6876 | 0,6878 | + 2 |
| 20′ | 0,7039 | 0,7035 | — 4 |
| 24′ | 0,7246 | 0,7183 | — 63 |
| 28′ | 0,7334 | 0,7323 | — 11 |
| 32′ | 0,7374 | 0,7453 | + 79 |
| 36′ | — | 0,7578 | — |
| 40′ | 0,7505 | 0,7697 | + 189 |

Für Paraffin benutzte ich zur Berechnung die an Platte IV gefundenen Werthe, ferner für Zeiten grösser als 20′ die an den andern Platten erhaltenen dazu noch einen in Tabelle XV nicht angegebenen Werthe für 90′ an Platte IV. Es ergab sich

$$\varepsilon = 0{,}8000 \qquad \varepsilon - \alpha_0 = 0{,}3081. \qquad \log a = 0{,}00344$$
$$a = 1{,}0080$$

## Tabelle XX.

Werthe von $\alpha$ für Paraffin.

| Zeit | $\alpha$ beob. | $\alpha$ ber. | $\Delta$ |
|---|---|---|---|
| 1' | 0,4933 | 0,4943 | + 10 |
| 4' | — | 0,5016 | — |
| 8' | 0, 5049 | 0,5109 | + 60 |
| 12' | 0,5205 | 0,5198 | + 7 |
| 20' | 0,5449 | 0,5369 | — 80 |
| 28' | 0,5509 | 0,5532 | + 23 |
| 40' | 0,5789 | 0,5756 | — 33 |
| 60' | 0,6010 | 0,6085 | + 75 |
| 80' | 0,6427 | 0,6365 | — 52 |
| 90' | 0,6474 | 0,6490 | + 16 |

Die an der dickern Spiegelglasplatte mit dem Sinuselektrometer erhaltene Reihe lässt sich schon von der zweiten Minute an sehr gut darstellen mit den Constanten

$$\varepsilon = 1 \qquad \varepsilon - \alpha_0 = 0{,}1629 \qquad \log a = 0{,}07000$$
$$a = 1{,}175$$

Von den an der Schwefelplatte erhaltenen Reihen liegen in der ersten die Werthe so nahe zusammen, dass log a kaum von 0 verschieden ist, das rasche Anwachsen der zweiten ist deshalb ohne Zweifel einer starken Oberflächenleitung zuzuschreiben. Nichtsdestoweniger lassen sich die von der dritten Minute an beobachteten Werthe sehr gut darstellen mit den Constanten

$$\varepsilon = 1 \qquad \varepsilon - \alpha_0 = 0{,}3766 \qquad \log a = 0{,}01056$$
$$a = 1{,}0244$$

In folgender Tabelle XXI sind die beobachteten und berechneten Werthe für Glas und Schwefel zusammengestellt.

## Tabelle XXI.

| Zeit | α für Glas | | | α für Schwefel | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | beob. | ber. | △ | beob. | ber. | △ |
| 1′ | 0,8475 | 0,8621 | + 146 | 0,6060 | 0,6325 | — |
| 2′ | 0,8765 | 0,8826 | + 61 | 0,6299 | 0,6413 | — |
| 3′ | 0,8968 | 0,9002 | + 34 | 0,6488 | 0,6499 | + 11 |
| 4′ | 0,9118 | 0,9150 | + 32 | 0,6632 | 0,6583 | — 49 |
| 6′ | 0,9461 | 0,9384 | — 77 | 0,6762 | 0,6745 | + 17 |
| 8′ | 0,9606 | 0,9554 | — 52 | 0,6852 | 0,6900 | + 48 |
| 12′ | 0,9753 | 0,9771 | + 18 | 0,7185 | 0,7187 | + 2 |

Schliesslich lassen sich die bei den beiden Schellackplatten erhaltenen Werthe von $\alpha$ hinreichend genau mit folgenden Constanten darstellen um in dem Logarithmus von a ein Mass für die Leitungsfähigkeit dieser Gemenge von Schellack und venetianischem Terpentin zu erhalten.

Für Platte I ist $\varepsilon = 1$ $\varepsilon - \alpha_0 = 0{,}2678$ $\log a = 0{,}00411$
$a = 1{,}0095$

Für Platte II ist $\varepsilon = 1$ $\varepsilon - \alpha_0 = 0{,}3385$ $\log a = 0{,}00126$
$a = 1{,}0030$

## Tabelle XXII.

Schellackplatte I und II.

| Zeit | α für Platte I. | | | α für Platte II | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | beob. | ber. | △ | beob. | ber. | △ |
| 4′ | 0,7303 | 0,7421 | + 148 | 0,6315 | — | — |
| 8′ | 0,7522 | 0,7517 | — 5 | 0,6500 | 0,6693 | + 193 |
| 16′ | 0,7797 | 0,7700 | — 97 | 0,6741 | 0,6769 | + 24 |
| 24′ | 0,7908 | 0,7868 | — 40 | 0,6846 | 0,6843 | — 3 |
| 32′ | 0,7984 | 0,7977 | — 7 | 0,6915 | 0,6914 | — 1 |
| 40′ | — | — | — | 0,7024 | 0,6986 | — 38 |
| 48′ | — | — | — | 0,7066 | 0,7055 | + 11 |
| 56′ | — | — | — | 0,7093 | 0,7122 | + 29 |

Die Tabellen zeigen, dass in der That der Verlauf der Influenz in den untersuchten Isolatoren dem im vorigen § gemachten Voraussetzungen entspricht, selbst die Abweichungen der beobachteten und berechneten Zahlen entsprechen nach den vorhin gemachten Bemerkungen der Theorie; die im spätern Verlaufe der Influenz, in welchem der Einfluss der Dicke immer mehr zurücktreten muss, sich findenden Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung überschreiten nirgend die unvermeidlichen Beobachtungsfehler.

Wir können also die mit der Zeit wachsende Influenz in den Isolatoren als eine Bewegung der Elektricität in einem Mittel von sehr geringer Leitungsfähigkeit auffassen, der aber in manchen Isolatoren eine merkliche Gegenkraft entgegenwirkt, welche von der Natur des Isolators abhängig ist, und die desshalb als eine molekulare zu bezeichnen ist. Von der Grösse dieser Gegenkraft hängt der Grenzwerth ab, welchem sich die Influenz nähert.

Die die Schnelligkeit des Wachsens der Influenz bedingende Leitungsfähigkeit des Isolators ist nach den Versuchen zu verschiedenen Zeiten nicht unbeträchtlich verschieden. Als Grund dieser Verschiedenheit können wir nur eine verschieden grosse Oberflächenleitung ansehen, wie das ja auch aus dem Einfluss der Feuchtigkeit zu schliessen ist, der in einzelnen Fällen ein sehr schnelles Wachsthum der Influenz zur Folge haben kann z. B. bei der Reihe II für die Ebonitplatte IV und bei der zweiten Reihe für Schwefel. Deshalb wird überhaupt auf die Zunahme der Influenz die Oberflächenleitung einigen Einfluss haben, der indess bei trocknem Wetter wohl nicht sehr gross ist, wie die sonst nahe Uebereinstimmung der an denselben Substanzen gefundenen Werthe zu verschiedenen Zeiten zeigen.

Einen eigenthümlichen Einfluss auf die Leitungsfähigkeit der Isolatoren zeigt die in kurzen Zwischenräumen

vorgenommene Wiederholung der Influenz, die Leitungsfähigkeit wächst dann nicht unbeträchtlich, wie wenn durch öfteres Hin- und Herbewegen der Elektricität dieselbe beweglicher würde, eine Beweglichkeit, die sie aber bei längerer Ruhe wieder verliert.

28.

In der Einleitung hob ich hervor, dass es mir schiene, als könnten die beabsichtigten Versuche uns auch einigen Aufschluss darüber geben, wo wir die Isolatoren als Dielektrica im Sinne der Faraday'schen Theorie anzusehen hätten, also als zusammengesetzt aus vollkommen leitenden Molekülen die durch nicht oder nur sehr unvollkommen leitende Zwischenräume getrennt sind, oder ob die Isolatoren nur schlechte Leiter sind. In der That scheinen mir die Versuche darüber eine ganz unzweideutige Auskunft zu geben, und zwar, wie ich es offen gestanden noch im Laufe der Untersuchung nicht erwartete, zu Gunsten der Faraday'schen Auffassung. Es ergibt sich das mit Nothwendigkeit aus einer Vergleichung der aus unsern Versuchen sich ergebenden Werthe von $\alpha_0$ der Werthe für die Zeit $t = o$ und den Leitungsfähigkeiten der Isolatoren.

Ist nämlich der Werth der Influenz zur Zeit $t = o$ als der Beginn der ganzen Influenzwirkung zu betrachten, so zwar, als er die erste in unmessbar kleiner Zeit stattfindende Scheidung der Elektricitäten nur auf molekulare Distanzen in demselben Medium angibt, in welchem dann im weiteren Verlauf der Influenz die Elektricitäten nach Massgabe der Leitungsfähigkeiten schneller oder langsamer auseinandertreten, so muss nothwendig die momentane Influenz der durch den weitern Verlauf derselben messbaren Leitungsfähigkeit proportional sein, eben weil dann die erste Bewegung der Elektricität in demselben Medium stattfindet,

in welchem sich auch die weitere Scheidung vollzieht. Zeigt sich ein solcher Zusammenhang zwischen den Werthen von $\alpha_0$ und der Leitungsfähigkeit nicht, so sind wir genöthigt zu schliessen, dass die momentane Influenz als ein ganz anderer Vorgang anfzufassen ist, als die fortdauernde, oder dass, wie es die Faraday'sche Auffassung annimmt, in den Isolatoren zweierlei vorhanden ist, vollkommen leitende Moleküle in einem schlechtleitenden Zwischenmittel.

Dabei kann es nicht von Bedeutung sein, ob zur eigentlichen Leitung des Isolators eine Oberflächenleitung hinzukommt oder nicht, da diese nur als eine Verbesserung der Leitungsfähigkeit zu betrachten ist, welche im ersten Momente ebenso vollständig zur Wirkung kommt als später.

Da zeigt sich nun zunächst, dass bei einer und derselben Substanz das durch die Oberflächenleitung bedingte schnellere oder langsamere Wachsen der Influenz auf den der Zeit $t = o$ entsprechenden Werth nür einen sehr geringen Einfluss hat. Ich hebe zum Beweise dessen die Extreme hervor. Die Reihe II für die Ebonitplatte IV wächst soviel rascher als die im vorigen § berechneten Werthe von Platte III, dass der die Leitungsfähigkeit messende log a einen fast 5fachen Werth hat. Für $a_0$ ergibt sich aber nur etwa 0,65 anstatt 0,614, den für Ebonit aus Platte III gefundenen Werth. Ebenso zeigen die beiden für die Schwefelplatte gefundenen Reihen einen äusserst grossen Unterschied in den Leitungsfähigkeiten, die anfänglichen Werthe sind aber in der langsamer ansteigenden Reihe sogar grösser als in der rascher steigenden Reihe.

Noch deutlicher tritt es hervor, dass gar keine Beziehung zwischen den aus den Beobachtungen sich angebenden Werthen von $\alpha_0$ und den in dem Anwachsen der Influenz messbaren Leitungsfäkigkeiten der Isolatoren besteht, wenn man die für die verschiedenen Substanzen sich ergebenden

Werthe von $\alpha_0$ mit den Leitungsfähigkeiten zusammenstellt. Die letztern ergeben sich, da nach § 26 gesetzt wurde

$$k \,.\, 4\pi\,(1 + \mu) = c\,;\; e^c = a$$

$$k = \frac{\log\, a}{4\pi\,(1 + \mu)\log e}$$

Im folgenden stelle ich die gefundenen Werthe von $\alpha_0$, dieselben geordnet nach ihrer Grösse, und die nach dieser Gleichung berechneten Leitungsfähigkeiten der untersuchten Platten zusammen.

| Substanzen | $\alpha_0$ | k |
|---|---|---|
| Paraffin | 0,4919 | 0,00050 |
| Ebonit | 0,6141 | 0,00114 |
| Schwefel | 0,6234 | 0,00193 |
| Schellack II | 0,6614 | 0,00019 |
| Schellack I | 0,7322 | 0,00075 |
| Glas | 0,8371 | 0,01287 |

Ein Blick auf diese Zusammenstellung zeigt auf das unzweideutigste, dass zwischen den Werthen von $\alpha_0$ und denjenigen von k gar keine Beziehung besteht, dass grössern Werthen von $\alpha_0$ kleinere Werthe von k entsprechen können und dass bei annähernd gleichen Werthen von $\alpha_0$ die Leitungsfähigkeiten sehr verschieden sein können.

Wir müssen also schliessen, dass die momentane Influenz ein Vorgang anderer Art ist, als die allmählich wachsende Influenz, resp. da sie von der Leitungsfähigkeit des Isolators sich ganz unabhängig zeigt, dass die momentane Influenz in ganz andern Molekülen stattfindet als die allmählich wachsende, wir werden also zu der Faradayschen Auffassung der Isolatoren als Dielektrica geführt, als bestehend aus vollkommen leitenden Molekülen in einem unvollkommen leitenden Zwischenmittel. Anstatt des letztern würde man auch in der Art wie es Kohlrausch und Herr Clausius ansehen eine Drehung der elektrischen Moleküle und eines in

Folge dessen eintretenden Wachsens des elektrischen Momentes annehmen können, was im Effect auf dasselbe hinauskommt. Die Leitungsfähigkeit, die vorhin nach der einfachern Anschauung eingeführt wurde, würde dann eine geringere oder grössere Beweglichkeit der Moleküle bedeuten. Auf diese Fragen will ich hier aber nicht eingehen.

Zur Bestimmung der Dielektricitätsconstanten

$$D = \frac{1}{1 - \alpha_0}$$

sind strenge genommen nur die für Paraffin und Ebonit gefundenen Werthe geeignet, da nur bei diesen beiden Substanzen die Platten so dünn waren, dass man den Einfluss der Dicke vernachlässigen kann. Da sich indess bei diesen gezeigt hat, dass die für grössere Zeiten erhaltenen Werthe sich ganz in die für die dünnern Platten gefundenen Werthe einordnen, so werden auch die für die andern Substanzen aus den Werthen von $\alpha_0$ abgeleiteten Dielektricitätsconstanten nicht weit von der Wahrheit abweichen. Der für Schwefel sich ergebende Werth muss nach der Dielektricitätstheorie mit 1,05 multiplicirt werden, da nach § 11 die Schwefelplatte 0,048 Hohlräume enthielt. Für die Schwefelplatte habe ich die Constante noch in anderer Weise berechnet. Da die Platte fast genau die gleiche Dicke wie die Ebonitplatte V hatte, so habe ich angenommen, dass der Mittelwerth für Schwefel nach 1 Minute sich zu dem Werthe von $\alpha_0$ für Schwefel verhalte wie der Mittelwerthe des nach 1 Minute für Ebonitplatte V erhaltenen Werthes zu $\alpha_0$, für Ebonit. Der sich so aus den mitgetheilten und einigen andern Beobachtungen für Schwefel nach einer Minute befundenen Werthe $\alpha = 0{,}5920$ ergebende Werthe für Schwefel ist neben den aus dem oben angeführten $\alpha_0$ berechneten gestellt. Die Werthe sind dann

| Substanzen | D |
|---|---|
| Paraffin | 1,96 |
| Ebonit | 2,56 |
| Schwefel | 2,88 — 3,21 |
| Schellack II | 2,95 |
| Schellack I | 3,73 |
| Glas | 6,10 |

Für Paraffin erhielten Barckley und Gibson [7]) 1,976, Boltzmann [8]) 2,32, Schiller [9]) 1,81 bis 2,47 je nach Verschiedenheit der Präparate und verschiedener Dauer der Ladung, für Ebonit Boltzmann 3,15, Schiller 2,21—2,76. Für Schwefel Siemens [10]) 2,9, Boltzmann 3,84, für weisses Spiegelglas erhielt Schiller 5,83—6,34. Man sieht die obigen Werthe liegen zwischen den von den andern Experimentatoren für die gleichen Substanzen gefundenen. Für die Constanten des Schellack ist zu beachten, dass sie für nicht näher zu definirende und verschieden zusammengesetzte Gemenge von Schellack und venetianischen Terpentin gelten.

Aachen d. 19. Februar 1877.

---

7) Barklay und Gibson. Philosophical Magazin IV ser. vol. XLI.

8) Boltzmann. Poggend. Ann. Bd. CLI.

9) Schiller. Poggend. Ann Bd. CLII. Die grösste von Schiller benutzte Ladungsdauer ist 0,02, die kleinste 0,0001 Secunde etwa.

10) Siemens. Poggend. Ann. Bd. CII.

Herr Professor Zittel legt vor und bespricht die Abhandlung:

„Neue Beobachtungen über Ozon in der Luft der Libyschen Wüste von P. Ascherson."

Als ich auf meiner im Frühjahr 1876 im Auftrage des Dr. G. Schweinfurth ausgeführten Reise nach der Kleinen Oase (Uah-el-Beharieh) in der Libyschen Wüste München passirte, forderte mich Prof. K. Zittel auf, die von ihm zwei Jahre früher während der Rohlfs'schen Expedition gemachten Ozon-Beobachtungen [1]) wieder aufzunehmen. Ich unterzog mich dieser Aufgabe um so lieber, als sowohl das von mir durchzogene Gebiet sich räumlich an das der früheren Reise anschliesst, als auch der Jahreszeit nach meine Beobachtungsreihe die unmittelbare Fortsetzung der Zittel'schen bildet, welche die Monate Januar bis März umfasst, während die meinige sich noch bis Mitte Mai erstreckt.

Es wurden mir von Prof. Zittel zu diesem Zwecke der Rest der Reagenzpapiere, sowie die Schönbein'sche 10theilige Scala, welche seinen Beobachtungen gedient hatten, zur Verfügung gestellt. Meine Beobachtungen geben

[1]) Sitzungsber. der math.-phys. Classe, 4. Juli 1874, S. 215—230.

keinen Anlass, anzunehmen, dass die Empfindlichkeit der ersteren durch die zweijährige Aufbewahrung abgenommen habe. [1])

Die Beobachtungen wurden möglichst in derselben Weise gemacht, wie Prof. Zittel die seinigen angestellt hat. Die Exposition der Reagenzstreifen dauerte stets 12 Stunden; in der Regel fand der Wechsel derselben um 6 Uhr Abends und Morgens statt; es empfiehlt sich den Vergleich des angefeuchteten Papierstreifens mit der Farbenscala bei Tageslicht vorzunehmen. Der Mangel an Uebereinstimmung in der Farbennuance der letzteren mit dem Violett des durch das frei gewordene Jod gefärbten Stärkepapiers war auch für mich Anfangs störend; doch gelingt es nach einiger Uebung, durch successiven Vergleich die entsprechende Farbenstufe sicher zu bestimmen. Während der Wüstenmärsche konnten nur Nachtbeobachtungen gemacht werden; im Nilgebiet dagegen (Benisuêf, Medînet-el-Fajûm, Cairo) und in der Oase (Bauiti) war es möglich, auch am Tage vor dem directen Sonnenlicht geschützte und dabei hinlänglich dem Luftzuge zugängliche Beobachtungspunkte zu benützen. In Benisuêf und Bauiti waren dieselben nahe genug der Peripherie der Ortschaft gelegen, um den Verdacht einer die Ozon-Reaction schädigenden Verunreinigung der Luft auszuschliessen. Weniger möchte dies von den in mitten volkreicher Städte angestellten Beobachtungen von Fajûm und Cairo zu behaupten sein; die auffallend schwache Reaction, welche durch die Tagesbeobachtungen an ersterer Station constatirt wurde, deutet in der That auf einen von mir übrigens nicht auf seine Ursache zurück-

---

[1]) Die Papiere wurden im hygienischen Institut des Herrn Geheimrath von Pettenkofer durch Herrn Dr. Wolffhügel mehrfachen Controlversuchen unterworfen und erwiesen sich als vollständig unverändert.

Zittel.

geführten schädlichen Einfluss; die Nachtbeobachtungen daselbst weichen nur unerheblich von denen in Benisuêf, der zunächst zu vergleichenden Station, ab. Die Beobachtungen, welche ich im Hôtel du Nil in Cairo anstellte, habe ich nicht ausschliessen wollen, da in der Beobachtungsperiode ein in so später Jahreszeit ungewöhnliches meteorologisches Ereigniss stattfand, nämlich ein starker Regenfall bei Nordwind, welcher im ägyptischen Nilthal, aufwärts mindestens bis Siut, beobachtet wurde, während gleichzeitig in Europa jene verspäteten Fröste eintraten, die der Land- und zum Theil auch der Forstwirthschaft so erhebliche Nachtheile zugefügt haben.

Auf besondern Wunsch von Prof. Zittel habe ich schon auf der Ueberfahrt zwischen Triest und Alexandrien Ozon-Beobachtungen angestellt, die allerdings, wohl wegen des theilweise ungünstigen Wetters, geringere Zahlen ergaben als die von ihm auf der Fahrt von Alexandrien nach Messina im April 1874 aufgezeichneten Beobachtungen.

Da von den 106 Beobachtungen, welche überhaupt gemacht wurden, nur 10 isolirte Nachtbeobachtungen in der Wüste sind, hielt ich es nicht für erforderlich, Tag- und Nachtbeobachtungen zu scheiden, sondern habe sämmtliche Aufzeichnungen, chronologisch und geographisch geordnet, in nachfolgender Tabelle zusammengestellt. Die meteorologischen Beobachtungen, welche ich nach Zittel's Vorgange beigefügt habe, wurden für die Wüste, Fajûm und die kleine Oase von mir selbst aufgezeichnet; die von Benisuêf verdanke ich der Güte des Dr. P. Güssfeldt, welcher auch so freundlich war, aus den mir von Herrn A. Pirona gütigst mitgetheilten Beobachtungen der chedivischen meteorologischen Station auf der Sternwarte zu Abassîeh bei Cairo, für Mai 1876 die relative Feuchtigkeit zu berechnen. Ich bedaure sehr, dass meine Aufzeichnungen über Himmels-

beschaffenheit, Wind-Richtung und Stärke, namentlich für die Nächte, viele Lücken haben, und dass ich kein Instrument besass, um die Luftfeuchtigkeit, welche von allen meteorologischen Einflüssen die innigsten Beziehungen zum Ozongehalt der Luft besitzt, selbst zu beobachten.

Die angegebenen Temperaturen (nebst relativer Feuchtigkeit) beziehen sich im Grossen und Ganzen für die Tagbeobachtungen auf die Zeit zwischen 2 und 3 Uhr Nachmittags, für die Nachtbeobachtungen auf die um Sonnenaufgang, und zwar in Cairo auf die Stunden 3 Uhr Nachmittags und 6 Uhr Früh; in Benisuêf beobachtete Dr. Güssfeldt zwischen 2 und 3 Uhr Nachmittags und zwischen 7 und 7 Uhr 30 Minuten Früh. Was meine eigenen Aufzeichnungen betrifft, so habe ich für die Nacht die am Morgen gemachte Ablesung des Minimum-Thermometers, oder falls eine solche fehlt, die gegen Sonnenaufgang gemachte niedrigste Ablesung mitgetheilt; für die Tagestemperatur sind fast überall Aufzeichnungen zwischen 2 und 3 Uhr vorhanden, in den wenigen Fällen, wo sie fehlten, wurde die höchste Ablesung mitgetheilt, welche sich in keinem Falle weit von dem Tagesmaximum entfernen dürfte. (Das Maximum-Thermometer wurde von mir zur Bestimmung der Insolation verwendet.)

# Ozon-Beobachtungen

vom Februar bis Mai 1876.

| Datum | Ozon nach der 10theiligen Scala | Relative Feuchtigkeit p. Ct. | Wind-Richtung und Stärke | Temperatur Grad Celsius | Himmelsansicht und Niederschläge |
|---|---|---|---|---|---|
| **1. Auf dem Meere zwischen Triest und Alexandrien:** | | | | | |
| Februar | | | | | |
| 27. | 5 | | fast windstill | | schön |
| 27./28. | 7 | | | | |
| 28. | 5 | | | | schön |
| 28./29. | 5 | | | | |
| 29. | 5 | | | | schön |
| 29./1. M. | 5 | | | | |
| März | | | | | |
| 1. | 5 | | | | Vormittag Regen, dann schön |
| 1./2. | 5 | | | | Regen |
| **2. Benisuêf (Nilthal):** | | | | | |
| 11./12. | 4 | 76 | windstill | 9,2 | |
| 12. | 2 | 29 | WNW mässig | 21,1 | klar |
| 12./13. | 4 | 65 | OSO schwach | 12,1 | |
| 13. | 1 | | | | klar |
| 13./14. | 2 | 91 | NW schwach | 9,6 | |
| 14. | 2 | 27 | WNW mässig | 24,0 | klar |
| 14./15. | 4 | 85 | | 10,4 | Thau |
| 15. | 4 | 40 | NW mässig | 21,1 | klar |
| 15./16. | 5 | 64 | | 13,2 | |
| **3. Medînet-el-Fajûm:** | | | | | |
| 16./17. | 6 | | | 14 | |
| 17./18. | 5 | | | 14,5 | |

| Datum | Ozon nach der 10theiligen Scala | Relative Feuchtigkeit p. Ct. | Wind-Richtung und Stärke | Temperatur Grad Celsius | Himmelsansicht und Niederschläge |
|---|---|---|---|---|---|
| März | | | | | |
| 18. | 2 | | NW schwach | 19,5 | klar |
| 18./19. | 5 | | | 14,5 | |
| 19. | 0 | | W schwach | 21 | Schleier, später klar |
| 19./20. | 2 | | | 16,5 | |
| 20. | 1 | | fast windstill | 28 | klar, Abends etwas bewölkt |
| 20./21. | 0,5 | | | 16 | |
| 21. | 0,5 | | fast windstill | 25 | mässig bewölkt (Cirrus) |
| 21./22. | 1 | | | 17,5 | |
| 22. | 1 | | N stark | 27 | klar |
| 22./23. | 4 | | (Nachmittag und Abend) | 17 | |

4. Zwischen Fajûm und der Kleinen Oase:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 26./27. (In d. Oase Qaraq) | 2 | | fast windstill | 7 | |
| 27./28. (Rajân, etwas Vegetation) | 2,5 | | W schwach | 16 | bewölkt |
| 28 /29. | 2,5 | | W mässig | 6 | fast unbewölkt |
| 29./30. | 4 | | SW und W | 19 | bewölkt, Regen |
| 30./31. | 1 | | W mässig | 19 | |
| 31./1. Apr. (Aïn Meallaqah, Quelle mit wenig Vegetation) | 1,5 | | | 8,7 | fast unbewölkt |

5. In der Kleinen Oase (mit Ausnahme zweier alle Beobachtungen in Bauiti):

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| April | | | | | |
| 1./2. | 2,5 | | WSW stark | 16,5 | von Staub getrübt |
| 2. | 1,5 | | WSW Vorm. stark, dann mässig | 28 | von Staub getrübt |

| Datum | Ozon nach der 10theiligen Scala | Relative Feuchtigkeit p. Ct. | Wind-Richtung und Stärke | Temperatur Grad Celsius | Himmelsansicht und Niederschläge |
|---|---|---|---|---|---|
| April | | | | | |
| 2./3. | 2 | | | 16 | von Staub getrübt |
| 3. | 1 | | fast windstill | 25 | bewölkt, etwas Regen |
| 3./4. | 2 | | | 20,5 | |
| 4. | 2,5 | | SO stark | 33 | bewölkt, einige Regen- |
| 4./5. | 1 | | | 21 | tropfen |
| 5. | 1 | | | 30 | bewölkt, einige Regen- |
| • | | | | | tropfen |
| 5./6. | 1,5 | | | 22,5 | bewölkt |
| 6. | 4 | | | 29 | bewölkt, Regen |
| 6./7. | 3 | | W stark | 16 | klar |
| 7. | 2,5 | | W stark | 24,5 | fast unbewölkt |
| 7./8. | 1,5 | | | 11 | |
| 8. | 3 | | W mässig | 26 | Cirrus |
| 8./9. | 1 | | fast windstill | 12,5 | Cirrus |
| 9. | 1 | | S stark | 30 | Cirrus |
| 9./10. | 1,5 | | fast windstill | 16 | |
| 10. | 2 | | | 27 | am Horizont Stratus, sonst einzelne Cirrus |
| 10./11. | 2 | | W | 14,5 | klar |
| 11. | 2 | | NW | 23,5 | klar |
| 11./12. | 2,5 | | | 10 | |
| 12. | 2,5 | | NW mässig | 22,5 | fast unbewölkt |
| 12./13. | 4,5 | | | 9,5 | |
| 13. | 4 | | | 23,5 | fast unbewölkt |
| 13./14. | 3,5 | | | 11,5 | |
| 14. | 1,5 | | N schwach | 26 | klar |
| 14./15. | 4,5 | | | 11,5 | |
| 15. | 2,5 | | NW | 27,5 | klar |
| 15./16. | 2,5 | | | 13,5 | |
| 16. | 1 | | S | 29 | Nachmittag bewölkt |
| 16./17. | 3,5 | | | 14 | klar |
| 17 | 4 | | N | 26,5 | Nachmittag bewölkt |
| 17./18. | 3 | | | 14,5 | |
| 18. | 1,5 | | NW | 29 | Cirrus |
| 18./19. | 3,5 | | | 16 | klar |
| 19. | 0 | | NW schwach | 30 | klar |
| 19./20. | 6,5 | | NW | 15 | Thau |
| 21./22. | 4 | | NW | 13 | klar, Thau |
| (Hais) | | | | | klar |
| 22./23. | 5 | | NW | 16 | klar |
| 23. | 2,5 | | NW | 32,5 | |

| Datum | Ozon nach der 10theiligen Scala | Relative Feuchtigkeit p. Ct. | Wind-Richtung und Stärke | Temperatur Grad Celsius | Himmelsansicht und Niederschläge |
|---|---|---|---|---|---|
| April | | | | | |
| 23./24. | 2 | | | 15,5 | |
| 24. | 1 | | NW schwach | 35 | klar |
| 24./25. | 1 | | NW stark | 18,5 | klar |
| 25. | 3 | | NW schwach | 36,5 | Nachmittag Cirrus |
| 25./26. | 4 | | | 18 | |
| 26. | 0,5 | | NW | 33,5 | gegen Mittag bewölkt |
| 26./27. | 6 | | NW stark | 16,5 | bewölkt, Thau |
| 27. | 5 | | NW | 30,5 | klar |
| 27./28. | 3 | | | 16 | |
| 28. | 2 | | NW | 29 | Nachmittag bewölkt |
| 28./29. | 2 | | | 20 | bewölkt |
| 29 | 3 | | NW | 31 | ziemlich unbewölkt |
| 29./30. | 5,5 | | | 14 | Thau |
| 30. | 4 | | NW | 27,3 | Nachmittag bewölkt |
| 30./1. M. | 6 | | | 15,5 | bewölkt |
| Mai | | | | | |
| 1./2. (Mendischeh) | 4 | | | 12 | |

6 Zwischen der Kleinen Oase und dem Nilthale bei Samalût:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2./3. (Quelle Aïn Gelîd, mit wenig Vegetation) | 1 | | NO | 16 | fast unbewölkt |
| 3./4. | 4,5 | | NO stark | 14 | fast unbewölkt |
| 4./5. | 6 | | NO stark | 14 | fast unbewölkt, Thau |
| 5./6. | 5,5 | | NO stark | 14,5 | klar, schwacher Thau |

7. Cairo:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 9. | 4 | 15 | | 35,3 | klar |
| 9./10. | 3 | 49 | | 21,4 | |
| 10. | 1 | 18 | | 36,1 | klar |
| 12. | 1 | 10 | | 40,0 | klar |
| 12./13. | 1 | 53 | | 20,5 | klar |

| Datum | Ozon nach der 10theiligen Scala | Relative Feuchtigkeit p. Ct. | Wind-Richtung und Stärke | Temperatur Grad Celsius | Himmelsansicht und Niederschläge |
|---|---|---|---|---|---|
| Mai | | | | | |
| 13. | 3,5 | 28 | Chamsin | 32,1 | schwacher Regen am Nachmittag |
| 13./14. | 6 | 77 | N | 20,0 | starker Regen |
| 14. | 5 | 43 | N | 25,0 | Morgens u. Abends Regen |
| 14./15. | 5 | 73 | N | 15,0 | |
| 15. | 3,5 | 84 | N | 27,1 | |
| 15./16. | 4,5 | 92 | N | 15,3 | Regen |
| 16. | 3,5 | 34 | | 31,4 | Vormittag u. Nachmittag einige Regentropfen |
| 16./17. | 1.5 | 70 | | 20,0 | |
| 18. | 0,5 | 23 | | 40,0 | |

Aus den in dieser Tabelle mitgetheilten Zahlen ergibt sich zunächst in Uebereinstimmung mit Zittel ein durchweg grösserer Ozongehalt der Luft in der Nacht als am Tage. Wenn wir die oben besprochenen abnorm grossen Unterschiede in Fajûm (Mittel aus 7 Nachtbeobachtungen 3,36; aus 5 Tagbeobachtungen 0,90) ausser Acht lassen, so betragen diese Zahlen für

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Benisuêf | Nacht: | Mittel | aus | 5 | Beobachtungen | 3,80, |
| „ | Tag: | „ | „ | 4 | „ | 2,25. |
| Die Kleine Oase | Nacht: | „ | „ | 28 | „ | 3,125, |
| „ | Tag: | „ | „ | 26 | „ | 2,29. |
| Cairo | Nacht: | „ | „ | 6 | „ | 3,50, |
| „ | Tag: | „ | „ | 7 | „ | 2,80. |

Wenn wir die Beziehungen der Ozon-Reaction zu den meteorologischen Bedingungen erforschen wollen, so tritt uns allerdings die Unvollständigkeit der Aufzeichnungen über Feuchtigkeit, Bewölkung und Windverhältnisse störend

entgegen. So viel ist indess ersichtlich, dass bei Windstille stets niedrige Zahlen notirt sind. Die höchsten Zahlen fallen auf die Windrichtung N.W., einmal auch N.O.; die Richtungen aus der südlichen Hälfte der Windrose erreichen nur einmal, in der Nacht vom 29./30. März 4, sonst höchstens 2,5. Allerdings kommen auch bei nördlichen Windrichtungen häufig ebenso niedrige Zahlen vor. Die beiden Male, wo gar keine Reaction bemerkt werden konnte, sonderbarer Weise am 19. März und 19. April, herrschte schwacher W. und N.W. Bei bedecktem wie bei unbewölktem Himmel finden sich niedrige und hohe Zahlen notirt; die beiden erwähnten Fälle völlig fehlender Reaction wurden, die eine bei theilweise, die andere bei völlig klarem Himmel beobachtet. In der Nacht vom 29./30. März und am 6. April, an welchen so reichlicher Tropfenfall stattfand, dass man denselben wohl Regen nennen konnte, wurde die relativ nicht unbeträchtliche Nummer 4 notirt und in Cairo in der Nacht vom 13./14. Mai, sowie am 14. selbst, an denen der Regenfall auch nach europäischen Begriffen ziemlich reichlich war, sogar 6 resp. 5.

Die höchsten Zahlen, 5 und mehr, selten nur 4, wurden, wie von Zittel stets auch von mir nach thaureichen Nächten aufgezeichnet, nach denen am Morgen die Reagenzstreifen bereits gefärbt vorgefunden wurden (eine Erscheinung, die auf dem Meere nie vermisst wurde). Ich muss daher Zittel's Ansicht beitreten, dass die Condensation des Wasserdampfes, ebensowohl als die Verdunstung, eine Quelle für Ozon abgebe. Die beträchtliche Reaction an Regentagen könnte wohl auch durch die Verdunstung erklärt werden. Ich gestehe, dass ich Anfangs den Verdacht hegte, dass die Benetzung der Reagenzpapiere durch Thau an und für sich schon die Reaction vermehre. Nach einem in Berlin nach meiner Rückkehr angestellten Versuche scheint mir indess diese Annahme nicht gerechtfertigt, da bei gleich-

zeitiger Exposition eines trocknen und eines absichtlich mit Brunnenwasser angefeuchteten Streifens letzterer eine etwas schwächere Färbung zeigte.

Ich komme nun zu dem Ergebnisse der Zittel'schen Beobachtungen, welches, weil durchaus unerwartet, auch über die fachwissenschaftlichen Kreise hinaus das grösste Aufsehen erregt hat; ich meine den von ihm beobachteten grösseren Ozongehalt in der Luft der Wüste in Vergleich mit der der Culturlandschaften. Aus meinen Beobachtungen würde sich ein solches Resultat nicht ergeben, wobei allerdings zu bemerken ist, dass unter denselben die Zahl der in der Wüste gemachten Aufzeichnungen einen noch kleineren Bruchtheil darstellt als die Notirungen im Culturterrain in Zittel's Beobachtungsreihe, während die von mir im Culturlande gemachten Nachtbeobachtungen (die selbstverständlich allein zum Vergleich mit den Notirungen in der Wüste heranzuziehen sind) ein ziemlich übereinstimmendes Resultat ergeben:

| | |
|---|---|
| Benisuêf . . . . | 3,80 |
| Fajûm . . . . . | 3,36 |
| Kleine Oase . . . | 3,125 |
| Cairo . . . . . | 3,50 |

bleibt das Mittel der 6 Beobachtungen in der Wüste zwischen Fajûm und der Oase mit 2,25 unter denen des Culturlandes, während das von 4 Beobachtungen in der Wüste zwischen der Oase und Samalût mit 4,25 sich etwas über dieselben erhebt. Das Gesammtmittel aus allen 10 Wüstenbeobachtungen würde 3,05 betragen, also immer noch unter dem niedrigsten Mittel des Culturlandes bleiben.

Ein ganz ähnliches Ergebniss lässt sich übrigens auch aus Zittel's Beobachtungen auf den allerdings kleineren Wüstenstrecken ableiten, welche wir gemeinschaftlich in der zweiten Hälfte des März 1874 durchzogen.

Die zwischen Dachel und Chargeh aus 3 Beobachtungen erhaltene Mittelzahl 3.66 und das aus 2 Beobachtungen zwischen Chargeh und Esneh gezogene Mittel 4,3 weichen nicht erheblich von den um dieselbe Zeit in Dachel (4), Chargeh (3,66) und Esneh (3) erhaltenen Mitteln ab.

Der überraschende Ozonreichthum der Wüstenluft beschränkt sich daher, wie Zittel mit Recht hervorgehoben hat, auf die Wintermonate Januar und Februar.

Wir werden schwerlich irren, wenn wir die auffällige Uebereinstimmung in der Ozon-Reaction der Luft der nackten Wüste Nord-Afrika's und der Wälder Mittel-Europa's auf eine gemeinschaftliche Ursache zurückführen, welche ich in der reichlichen Thaubildung an beiden Localitäten zu finden glaube, die freilich hier und dort aus ganz verschiedenen Ursachen zu Stande kommt. In der Wüste sind es die in jener Jahreszeit so auffallend kalten Nächte, welche trotz des nur mässigen absoluten Dampfgehaltes die Ueberschreitung des Thaupunktes veranlassen; in unsern Wäldern ist, wie Ebermayer gewiss mit Recht bemerkt, die reichliche Feuchtigkeit die Quelle des Thau's und mittelbar des Ozon's. Es steht mit dieser Anschauungsweise in gutem Einklange, dass der Ozongehalt im Innern des Waldes geringer ist als in seiner Nähe auf freiem Felde; an letzterer Oertlichkeit, welche noch an der Feuchtigkeit der Waldluft Theil nimmt, kann durch die ungehemmte Strahlung eine stärkere Abkühlung und desshalb eine reichlichere Thaubildung stattfinden, während innerhalb des Waldes die Strahlung in den Baumkronen ein Hinderniss findet.

Jedenfalls dürfte es erwünscht sein, über den Ozongehalt der Luft in Nord-Afrika, welcher bisher immerhin nur für die kleinere Hälfte des Jahres bekannt geworden ist, ausgedehntere Beobachtungsreihen zu erhalten.

Dr. W. Reil in Cairo, der verdienstvolle Begründer des Bades Heluân, hat während seines mehrjährigen Aufenthaltes an diesem mehrere Kilometer ausserhalb des Nilbodens gelegenen Orte derartige Beobachtungen in grosser Zahl gemacht, durch deren Veröffentlichung er sich ein grosses Verdienst um diesen jungen Zweig der Meteorologie erwerben würde.

Herr W. von Beetz sprach:

„Ueber den electrochemischen Vorgang an einer Aluminiumanode."

Am Schlusse meiner (in diesen Sitzungsberichten 1875 p. 59 enthaltenen) Mittheilung über die galvanische Polarisation des Aluminiums hatte ich die Bemerkung gemacht, dass die Menge des bei der Electrolyse von verdünnter Schwefelsäure an einer Aluminiumanode abgeschiedenen Sauerstoffes stets zu klein erscheine. Dieser Sauerstoff wird theils gasförmig abgeschieden, theils ist er in der durch Auflösung des Aluminiums entstandenen Thonerde enthalten, theils endlich in einer Oxydschichte, welche das Aluminium überzieht; denn als solche glaubte ich den äusserst schlecht leitenden Ueberzug ansehen zu müssen, welcher sich auf der Aluminiumanode bildet und dadurch die Stromstärke auf eine sehr geringe Grösse hinabdrückt. In welcher dieser drei Gestalten der Sauerstoff in grösserer Menge auftritt, hängt von den besonderen Umständen ab, unter denen die Electrolyse vor sich geht. In der ersten Zeit nach Schluss des Stromes wird vorzugsweise Aluminium aufgelöst; in dem Maasse, als sich die schlechtleitende Oxyddecke bildet wird die Anode mehr und mehr gegen die Auflösung geschützt und tritt eine grössere Sauerstoffmenge frei auf. Ich habe eine Reihe von Electrolysen angestellt, bei welchen die Gestalt und das Gewicht der Anode, die Art der electrolysirenden Batterie und die Stromstärke, sowie die Dauer

des Processes mannigfach abgeändert wurden. Die Leitungsflüssigkeit war immer im Verhältniss 1 : 12 verdünnte Schwefelsäure, die Kathode eine Platinplatte. Das Gewicht der Anode wurde bestimmt, dann wurde sie, in einen Kautschucpfropf eingesteckt, von unten durch einen im Boden der Zersetzungszelle befindlichen Tubulus in diese eingeführt und ein ebenfalls mit der verdünnten Säure gefülltes Eudiometerrohr darübergestürzt. Das in diesem Rohre aufgefangene Gas zeigte sich immer als reiner Sauerstoff, falls nicht, durch später zu erwähnende Umstände, auch etwas Wasserstoff entwickelt worden war. Das Gasvolumen wurde auf 0° und 760$^{mm}$ Barometerstand reducirt und daraus sein Gewicht berechnet. Die in der Lösung enthaltene Thonerde wurde durch Ammoniumcarbonat niedergeschlagen und das in ihr enthaltene Aluminium berechnet. Wiewohl die angewandten Aluminiumdrähte und Platten nicht eisenfrei waren, zeigte sich die Thonerde doch rein, weil in der Electrolyse das Aluminium zuerst aufgelöst wird. Nach Beendigung des Versuches war unterdess die Aluminiumanode sorgfältig abgewaschen und über Schwefelsäure getrocknet worden. Ihr Gewichtsverlust hätte gleich dem Gewichte des in der Thonerde enthaltenen Aluminiums sein sollen, es fiel aber immer zu gering aus, so dass die Differenz dieser beiden Grössen als das Gewicht des Sauerstoffes betrachtet werden musste, welcher in der das Aluminium bedeckenden grauen (auf Platten irisirenden) Schichte enthalten ist.

In den Strom war gleichzeitig ein Silbervoltameter eingeschaltet.[1]) Die in dem Voltameter niedergeschlagene Silber-

1) Als solchen bediene ich mich einer sehr bequemen Abänderung des Poggendorff'schen Silbervoltameters. Es besteht aus einem kleinen Statif mit Schieferfussplatte, in welchem ein Platingefäss mit Ausguss festgeklemmt ist. In diesem hängt, mit seinem breiten Rande von Ebonit aufliegend, ein poröses Porzellangefäss, das ebenso wie das Platingefäss mit Silbernitratlösung gefüllt ist. Dann wird ein dicker, spiral-

menge müsste nun aequivalent sein dem in den genannten drei Gestalten auftretenden Sauerstoff. Meine früheren Versuche hatten gezeigt, dass dies nicht der Fall sei, es fehlte immer ein beträchtliches Sauerstoffquantum. Es hat sich nun aber ergeben, dass dieser Mangel Nebenumständen zuzuschreiben ist, wie aus den Zahlen der umstehenden Tabelle hervorgeht. Alle Gewichte in derselben sind in Grammen angegeben.

In den Versuchen 1 und 2 fehlen bezüglich 10,1 und 8,5 p. C. von der, dem ausgeschiedenen Silber aequivalenten Sauerstoffmenge. Die Anoden bestanden hierbei einmal aus einem dünnen Draht, das andere Mal aus einer schmalen Platte, beide von kleiner Oberfläche. Die Stromstärke $J$ (immer nach absolutem magnetischen Maasse angegeben) war sehr klein, die Dauer der Zersetzung sehr gross, die Gasentwickelung äusserst spärlich. Bei den folgenden Versuchen vergrösserte ich die wirksame Aluminiumfläche, indem ich den Aluminiumdraht zu einer Spirale rollte. Hierdurch wurde die Sauerstoffentwickelung viel lebhafter, wenn an der Batterie nichts geändert wurde, wie in Versuch 3, bei welchem wie bei 1 und 2 zur Zersetzung 6 Meidinger-Elemente dienten; der Sauerstoffverlust wurde geringer, nämlich 5,4 p. C. Wurde die Stromstärke aber bedeutend vermehrt, wie in Versuch 4 durch Anwendung von 6 Grove- oder in Versuch 5 von 10 Bunsenelementen, so verminderte sich die Menge des frei abgeschiedenen Sauerstoffes wieder, die Gesammtmenge des erhaltenen Sauerstoffes aber näherte sich immer mehr der dem Silber aequivalenten, so dass in

---

förmig gerollter und mittelst eines Armes am Statif verschiebbarer Silberdraht in das Porzellangefäss gesenkt. Das auf der inneren Platinfläche niedergeschlagene Silber wird in der bekannten Weise abgewaschen, getrocknet und gewägt. Der kleine Apparat war im Kensington-Museum ausgestellt.

| Batterie | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 Meidinger | | 6 Meidinger | | 6 Meidinger | | 6 Grove | | 10 Bunsen | |
| Gestalt der Anode | Draht | | Platte | | Spirale | | Spirale | | Spirale | |
| Gewicht der Anode | 0,0506 | | 0,5725 | | 1,7230 | | 1,9565 | | 1,3393 | |
| Zeit, Minuten | 1740 | | 2420 | | 1845 | | 466 | | 100 | |
| Silber im Voltameter | 0,1470 | | 2,9815 | | 3,7555 | | 3,6213 | | 3,2465 | |
| Stromstärke | 0,013 | | 0,188 | | 0,311 | | 1,168 | | 4,837 | |
| Thonerde | 0,0170 | | 0,3690 | | 0,3293 | | 0,4164 | | 0,4720 | |
| Sauerstoff in ders. | 0,0075 | 68,6% | 0,1722 | 78,3% | 0,1538 | 55,3% | 0,1944 | 75,4% | 0,2204 | 91,6% |
| Aluminium in ders. | 0,0085 | | 0,1968 | | 0,1755 | | 0,2220 | | 0,2516 | |
| Aluminium verloren | 0,0080 | | 0,1900 | | 0,1688 | | 0,2100 | | 0,2458 | |
| Sauerstoff im Oxyd | 0,0005 | 4,6 | 0,0068 | 2,6 | 0,0067 | 2,4 | 0,0120 | 4,6 | 0,0058 | 2,4 |
| Sauerstoff frei | 0,0018 | 16,5 | 0,0230 | 10,4 | 0,1028 | 36,9 | 0,0396 | 15,3 | 0,0173 | 7,2 |
| Summe des Sauerstoffes | 0,0098 | | 0,2020 | | 0,2633 | | 0,2460 | | 0,2435 | |
| Sauerstoff aequiv. Silber | 0,0169 | | 0,2209 | | 0,2783 | | 0,2583 | | 0,2406 | |
| Zu wenig Sauerstoff | 0,0011 | 10,1 | 0,0189 | 8,5 | 0,0150 | 5,4 | 0,0123 | 4,7 | — | |

Versuch 5 beide Mengen innerhalb der erlaubten Fehlergränzen einander gleich sind.

Der Grund, weshalb bei den ersten Versuchen so viel Sauerstoff abhanden kam, liegt augenscheinlich in der spärlichen Entwickelung des gasförmigen Theils desselben. Die kleinen Gasblasen werden lebhaft von der Leitungsflüssigkeit in der Umgebung der Anode absorbirt und entweichen zum grossen Theil in die Luft. Bei den späteren Versuchen steigen die Blasen sofort lebhafter auf, bei Anwendung starker Ströme aber erhitzt sich die Flüssigkeit so stark, dass auch die Gasabsorption nur gering sein kann. Unterbricht man den Strom auch nur auf kurze Zeit, so enthält der Gas sofort Wasserstoff, der durch die rein chemische Auflösung des Aluminiums in der heissen Säure entsteht. Man muss deshalb bei der Beendigung eines Versuches und dem Auseinandernehmen des Apparates besonders sorgfältig und schnell verfahren. Der kleine Ueberschuss, den der Versuch 5 liefert, ist wohl auch einer solchen Beimengung einer geringen Wasserstoffmenge zuzuschreiben. Auch während des Stromschlusses entwickelt sich bei zu grosser Erhitzung der Leitungsflüssigkeit am Aluminium leicht Wasserstoff, so dass man gut thut, dieselbe kühl zu halten.

Ich glaube nach diesen Ergebnissen meiner Versuche jeden Zweifel an der Richtigkeit des electrolytischen Gesetzes bei der Electrolyse an Aluminiumelectroden als beseitigt ansehen zu dürfen.

Die schon von Buff[2]) beobachtete Eigenschaft des die Aluminiumonode bedeckenden Ueberzuges, dem Strom einen ungemein grossen Leitungswiderstand entgegenzusetzen, ist neuerdings wiederholentlich abermals entdeckt worden. Gleichzeitig mit meinen oben citirten Versuchen über diesen

---

2) Liebig und Wöhler. Annalen der Chemie und Pharmazie. CII, p. 296.

Gegenstand sind ähnliche angestellt von Ducretet[3]), welcher sagt, dass ein Strom durch ein Voltameter mit einer Platin- und einer Aluminiumelectrode nur in einer Richtung gehe; bei Umkehrung des Stromes höre die Zersetzung auf und fast gar keine Electricität werde hindurchgelassen. Er glaubt sogar, durch Anwendung solcher, als Ventile dienenden Voltameter das Problem des gleichzeitigen Durchganges zweier Telegramme in entgegengesetzter Richtung durch denselben Draht in der einfachsten Weise lösen zu können; wie das erreicht werden soll, ist freilich nicht angegeben. Auch Ducretet hält den schützenden Ueberzug für ein Oxyd des Aluminiums und zwar für Thonerde, die sich freilich wohl in der Säure lösen dürfte. Eine Isolirung des Ueberzuges will nicht gelingen. Bei lange fortgesetzter Electrolyse trübt sich wohl die Leitungsflüssigkeit, und man kann eine kleine Menge des sich loslösenden Beschlages in sehr feinem Pulverzustande auf einem Filtrum sammeln. Die Menge betrug aber in meinen Versuchen nie mehr als einige Milligramm. Trotz sorgfältigstem Waschen mit heissem Wasser behielt ich auf dem Filtrum immer eine Substanz, welche vor dem Löthrohr auf Thonerde reagirte, während ich niemals Silicium darin nachzuweisen vermochte. Ich glaube daher ebenfalls, den Ueberzug bestimmt für ein Aluminiumoxyd halten zu müssen, um so mehr, als die siliciumreichsten wie die reinsten Aluminiumsorten sich in Bezug auf die beschriebenen electrolytischen Vorgänge ganz gleich verhielten. Ganz siliciumfreies Aluminium mir zu verschaffen ist mir freilich nicht gelungen, und dies ist die Hauptursache, weshalb ich diese zur Ergänzung meiner früheren Mittheilung dienende Notiz derselben so spät folgen lasse.

---

3) Compt. rend. LXXX p. 280 und Sillim. Americ. Journ. (3) IX p. 467, aus Journ. d. Phys. IV. p. 84.

## Sitzung vom 10. März 1877.

Herr Professor v. Bischoff hielt einen Vortrag:

„Ueber das Gehirn eines Gorilla und die untere oder dritte Stirnwindung der Affen."

Ich glaube es wagen zu dürfen, die Aufmerksamkeit der verehrten Klasse noch einmal einem Affen-Gehirne zuzuwenden, da es sich diesesmal um ein Unicum handelt, welches erst wenige Sterbliche bisher zu Gesicht bekommen haben. Es ist das Gehirn eines jungen männlichen Gorilla, welches ich die Ehre habe Ihnen hier vorzuzeigen.

Das Thier von welchem dieses Gehirn herrührt, kam noch lebend in den Besitz der amerikanischen Mission in Gaboon, starb aber dort schon nach drei Tagen. Zum Glück gelangte es alsbald in die Hände eines von der zoologischen Gesellschaft in Hamburg nach Gaboon gesendeten Thierwärters, welcher nach der von mir empfohlenen Methode den Kopf des Thieres mit einer Chlorzinklösung injicirte, und dann den Schädel aufschnitt, so dass der Weingeist, in dem das Thier aufbewahrt wurde, eindringen konnte. So geschah es denn, dass als dasselbe in Hamburg anlangte und untersucht wurde, das Gehirn vortrefflich erhalten war, und sich ganz ausgezeichnet zur anatomischen Untersuchung eignete und noch eignet.

Zuerst kam das Gehirn in die Hände des Hrn. Prof. Pansch in Kiel, welcher es in der den Mitgliedern der Naturforscher-Versammlung in Hamburg 1876 gewidmeten Festschrift, von einigen Photographien begleitet, bekannt machte. Da mich die hier gegebene Beschreibung und namentlich auch die Photographien nicht ganz befriedigten, indem letztere nur in $^2/_3$ der natürlichen Grösse gegeben sind, und gerade die interessantesten Stellen des Gehirns bei ihnen ganz in unerkennbarem Dunkel liegen, ich mich aber sehr für dieses letzte mir noch unbekannte Anthropoiden-Gehirn interessirte, so wandte ich mich an Hr. Dr. Bolau, den jetzigen Vorstand des zoologischen Gartens und des naturhistorischen Museums in Hamburg, einst unseren Schüler hier, mit der Bitte mir das Gehirn zu überschicken. Ich empfinde es mit grossem Danke, dass Hr. Dr. Bolau mir das grosse Zutrauen geschenkt hat, mir dieses kostbare Object zu uneingeschränkter wissenschaftlicher Untersuchung und Beschreibung zu überlassen, und halte mich geradezu für verpflichtet zu der bestmöglichsten Kenntniss desselben beizutragen, so viel in meinen Kräften steht. Ich habe also das Gehirn sorgfältig untersucht, es aufs Neue photographiren und auch in Wachs auf den Schädelausguss eines erwachsenen männlichen Gorilla mit möglichster Treue und Sorgfalt modelliren lassen, so dass wir annehmen können, dieses Gehirn hier in seinen Formverhältnissen vollkommen naturgetreu vor uns zu sehen. Allerdings war das Thier selbst noch jung. Es war mit etwas gebogenen Knien nur 52 Ctm. gross und männlichen Geschlechtes, besass aber sein vollständiges Milchgebiss von 20 Zähnen, und bei einer Vergleichung der Grösse des Gehirns mit der Grösse des Schädelausgusses eines erwachsenen Männchens, sieht man, was auch schon früher die bekannten Schädel-Verhältnisse junger und alter Thiere kennen lehrten, dass die Schädelhöhle verhältnissmässig mit dem Alter und den

Schädelknochen, besonders den Antlitzknochen, nur mässig grösser wird.

Ich habe das Gehirn wie es jetzt ist gewogen, und finde dasselbe 265 Grm. schwer. Die Erfahrung hat gelehrt, dass man annehmen kann, dass ein solches Gehirn durch die Injection mit Chlorzink und Aufbewahrung in Weingeist gegen 25 % an seinem Gewicht verliert. Es würde also frisch 331.25 Grm. gewogen haben. Nach Quatrefages (Bull. de la Soc. d'Anthropol. 1866 p. 648) soll der Admiral Fleuriot de l'Angle das Gehirn eines 1,7 Meter grossen gegen 6 Jahr alten Gorilla, 400 Grm., das eines zweiten 1,9 Meter grossen nur 300 Grm. schwer gefunden haben; das Geschlecht ist leider nicht angegeben, worauf vielleicht dieser ansehnliche Gewichtsunterschied grösstentheils zurücklief. Nach Du Chaillu soll das Gehirn eines Gorilla 560 Grm. schwer werden; allein wenn man auch mit dem Misstrauen gegen diesen Reisenden in manchen Stücken zu weit gegangen ist, so lässt sich doch kaum annehmen, dass derselbe die nöthigen Kenntnisse, technische Fertigkeit und Mittel besessen hat in den afrikanischen Wäldern ein Gehirn kunstgerecht herauszunehmen und zu wiegen. Man hat sich bei Mangel wirklicher Hirngewichte des Gorilla, mit Ermittelung der Schädel-Capacität begnügt. Diese Schädelcapacität von erwachsenen Gorilla beträgt:

Nach Wymann und Owen

(Transact. of the zool. Soc. of Lond. Vol. IV, p. 85)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| beim | Männchen | 34,5 | Engl.C.Z. | = | 565,28 | Cctm. |
| " | " | 32,6 | " | = | 534,15 | " |
| " | " | 30,3 | " | = | 496,46 | " |
| " | " | 28,3 | " | = | 463,69 | " |
| beim | Weibchen | 25,0 | " | = | 409,62 | " |

Nach Turner
(Proceedings of the Royal Soc. of Edinb. V. 1864, p. 349)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| beim Männchen | 28,0 | Engl.C.Z. | = 458,78 | Cctm. |
| beim Weibchen | 26,5 | „ | = 434,19 | „ |

Nach Huxley
(Anatomie der Wirbelth., p. 405)

im Maximum 35,0 Engl.C.Z. = 573,00 Cctm.

Nach Duvernoy
(Archives du Mus. d'Hist. nat. VIII, 1855 1. p. 170)

500,00 Cctm.
520,00 „

Nach Broca
(Bullet. de la Soc. d'Anthropol. 1869, p. 374)

550,00 Cctm.

| | | |
|---|---|---|
| Nach mir bei einem alten Männchen | 465,00 | „ |
| „ „ „ „ „ Weibchen | 350,00 | „ |

Würde man annehmen können, dass sich der Schädelinnenraum zu dem Hirngewicht ohngefähr wie bei dem Menschen, nämlich wie 100 : 95 verhalte, so würde man für einen ausgewachsenen männlichen Gorilla ein Mittel-Hirngewicht von etwa 442 Grm. berechnen können.

Ich habe das Gehirn, wie es jetzt ist, auch gemessen, indem ich dasselbe in verschiedenen Richtungen zwischen zwei senkrechte parallele Flächen legte, und deren Entfernung von einander bestimmte. Ich erhielt für den Längendurchmesser 120 Mm., für den Breitendurchmesser 92 Mm., für die Höhe 73 Mm., während Prof. Pansch dieselben Verhältnisse zu 100, 85 und 70 angiebt. Diese Unterschiede sind vielleicht darin begründet, dass sich die Form des Gehirns weiter verändert hat; vielleicht aber auch in der Methode des Messens, wenn Prof. Pausch etwa das Maass

oder den Zirkel direct angelegt haben sollte. Der Index cephalicus wäre nach meiner Messung 76.6.

Obwohl indessen das Gehirn in seinen Formen sehr wohl erhalten ist, kann man doch diesen Maassen keinen absoluten Werth beilegen. Wenn wir sie aber mit denen des Schädelausgusses eines erwachsenen männlichen Gorilla vergleichen, so ergiebt sich doch daraus das auch sonst zu erwartende Resultat, dass sich der dolichocephalische Charakter des Thieres mit fortschreitendem Alter stärker entwickelt; denn die Maasse des Schädelausgusses des erwachsenen Thieres sind: 115, 90 und 76, was einen Index cephalicus von 78,2 ergiebt.

Ich habe in gleicher Weise dieselben Durchmesser der Schädelausgüsse eines alten männlichen Chimpansé und alten Orang gemessen, und fand sie bei jenen 110, 92 und 74 und bei letzterem 92, 86 und 80, was also für diese den Index cephalicus von 84 und 93 giebt, d. h. der Gorilla hat das am meisten dolichocephale Gehirn, dann kommt der Chimpansé und dann der Orang.

Ausserdem ist die Verschiedenheit in der Bildung des Stirnlappens bei diesen drei Ausgüssen sehr bemerkenswerth. Er ist bei dem Gorilla abgeflacht, zugespitzt ohne eigentliche Stirnfläche. Beim Chimpansé ist er auch noch zugeschärft, aber nicht so abgeflacht; beim Orang weniger zugeschärft und weniger abgeflacht als beim Chimpansé.

In Beziehung auf das Verhältniss des grossen Gehirns zum kleinen Gehirn ist zu bemerken, dass letzteres bei dem Gorilla absolut und relativ grösser ist als bei den beiden anderen Anthropoiden; auch bemerke ich, dass es bei ersterem am wenigsten von den Hinterlappen der grossen Hemisphäre bedeckt wird, und bei der Betrachtung des Schädelausgusses von oben mit seinem hinteren Rande sichtbar wird.

Es giebt, wie ich bereits erwähnt habe, bis jetzt keine irgend genügende Beschreibung des Gehirns eines Gorilla. Gratiolet hatte ein Gehirn in den Händen und theilte auch darüber in den Comptes rendus 1860. I. p. 801 einige Notizen mit. Allein das Gehirn befand sich in einem solchen Zustande der Auflösung, dass die Beschreibung nur sehr unvollständig sein konnte. Gratiolet sagt, die Grosshirnwindungen seien wenig und auffallend einfach gewesen; die obere Stirnwindung sei durch eine dreiarmige Furche in zwei einfache Windungen getheilt gewesen; die mittlere und untere nur sehr wenig gewunden. Die vordere Centralwindung war wenig gewunden und stark nach hinten geneigt; die hintere noch stärker geneigt, ganz oben in einen kleinen dreieckigen Lappen übergegangen, d. h. der Vorzwickel habe bis auf dieses Rudiment gefehlt. Ebenso soll der Premier Pli de Passage ganz gefehlt haben, der deuxième ganz unter dem Operculum verborgen, der sog. Pli courbe sehr spitz gewesen sein. Wir werden sehen, dass selbst diese wenigen Angaben keineswegs mit der Beschaffenheit unseres Gehirns übereinstimmen.

Dr. R. Meyer in Offenbach bemerkt in seiner Abhandlung: Ueber den Gorilla (Denkschrift des Offenbacher Vereins für Naturkunde 1863, p. 24), Owen sage von dem Gorilla aus, dass der Gorilla von allen Vierhändern das grösste Gehirn habe, mit den tiefsten Furchen und zahlreichsten Windungen, dass das grosse Gehirn, im Verhältniss zum kleinen, das grösste von allen Affen sei, und der hintere Lappen desselben fast das kleine Gehirn bedecke. Wo Owen diese Angabe machen soll wird nicht gesagt, und ich kann eine solche auch nirgends finden. Vermuthlich ist es aber ein Missverständniss. An einer Stelle seiner Schrift: On the classification and geograph. distribution of the Mammalia p. 77 sagt Owen: W e n n? das Gorilla-Gehirn diese Eigenschaften habe, so würde der vergleichende Anatom nicht

anstehen, den Gorilla für den menschenähnlichsten Affen zu erklären. Inzwischen besitzt das Gorilla-Gehirn nicht alle diese Eigenschaften.

Die vollständigste Beschreibung gab, wie ich oben bemerkte, von dem gegenwärtig vorliegenden Gehirn eines Gorilla Prof. Pansch in Kiel. Ich werde im Nachfolgenden Gelegenheit haben und nehmen, über seine einzelnen Angaben zu referiren, denn es ist ein Hauptzweck meiner gegenwärtigen Arbeit meine Ansichten über mehrere wichtige Punkte des Anthropoiden-Gehirns gegen die gegentheiligen Ansichten und Einwürfe des Prof. Pansch zu vertreten, wodurch, wie ich hoffe, überhaupt über mehrere Verhältnisse der Furchen und Windungen des Gehirns noch mehr Licht verbreitet werden wird.

Zuvor bemerke ich indessen noch, dass über das vorliegende Gorilla-Gehirn sich auch in der Zeitschrift „Nature", Vol. 15. No. 372. pag. 142. d. 14. Dec. 1876, eine Mittheilung eines Herrn G. D. Thane findet, die sich unter Wiedergabe der Photographien der Panscheschen Abhandlung und der Benutzung der Beschreibung, in bestimmter Weise selbstständig über dieses Gehirn ausspricht, indem der Verfasser namentlich die Windungen weit mehr berücksichtigt, als Prof. Pansch dieses gethan hat, auch allgemeine Vergleichspunkte zwischen dem Gehirn des Gorilla und dem der beiden anderen grösseren Anthropoiden, sowie des Menschen hervorhebt. Da indessen der Verfasser, wie es scheint, eben nur die ihm vorliegenden, und wie ich schon bemerkt habe, in bestimmter Weise unzureichenden Photographien zu seinem Studium benutzt hat und benutzen konnte, so war es, wie ich glaube, eine unausbleibliche Folge, dass von ihm die wirklichen Verhältnisse dieses Gehirns doch wesentlich irrig aufgefasst wurden. Wer sich viel mit diesem Studium der Gehirnwindungen befasst hat, der weiss, dass man um ein Gehirn richtig zu beurtheilen,

dasselbe absolut in der Hand haben muss; man fasst sonst Vieles falsch auf und Manches bleibt Einem verborgen. Ich habe es desshalb nicht für thunlich und nöthig gehalten, die Angaben des Herrn Thane ausführlicher und im Einzelnen zu berücksichtigen. Auch hat der Verfasser in seinen allgemeinen Schlüssen nicht genügend bedacht, dass er es bei diesem Gehirn mit dem eines noch ganz jungen Thieres zu thun hatte, obgleich er im Allgemeinen wohl darauf aufmerksam war.

Was nun die Bearbeitung des vorliegenden Gorilla-Gehirns durch Prof. Pansch betrifft, so muss ich zunächst ein bei derselben hervortretendes allgemeines Missverständniss meiner Bearbeitung der Gehirnwindungen berichtigen. Er sagt pag. 22 der erwähnten Schrift, die von mir abweichenden Resultate, zu welchen er über die Verhältnisse der Windungen des grossen Gehirns gekommen sei, seien die Folge der verschiedenen Principien, denen wir gefolgt seien. Er habe zu wiederholten Malen darauf hingewiesen, dass man in der Topographie der Hirnoberfläche sich einzig und allein an die typischen oder Hauptfurchen halten solle, während ich den Typus für die Anordnung vieler Windungen darin gefunden zu haben glaube, dass sie in Bogen um die Enden der primären Furchen gelagert seien.

Sind denn das, muss ich fragen, verschiedene Principien nach denen wir handeln? Ich dächte doch nicht. Vielmehr ist es ganz sicher, dass ich mindestens einen ebenso grossen Werth wie Prof. Pansch auf das Verhalten der Hauptfurchen des Gehirns lege, ja legen muss, wenn ich die um die Enden dieser Furchen gelegenen Windungsbogen aufsuchen oder studiren will. Ich muss und kann nicht anders als von diesen Furchen ausgehen. Allein damit beendet sich allerdings meine Untersuchung nicht, sondern ich frage sodann, wie verhalten sich nun die Windungen

zu diesen Furchen? Und da glaube ich, dass ich durch die allerdings sehr einfache, und wie Professor Ecker in seiner Schrift: Ueber die Hirnwindung des Menschen pag. 22 sagt, sich von selbst verstehende und nicht anders sein könnende Beobachtung und Bemerkung, die aber eben Niemand Anderer vor mir gemacht und ausgesprochen hat, dass diese Windungen in mehr oder weniger einfachen oder zusammengesetzten Bogen um die Enden der Furchen liegen, ein wesentliches Hülfsmittel zur Erleichterung der Erkenntniss des Verhaltens der Windungen, und zur leichten Verständigung über dieses Verhalten gegeben habe. Dieses aber fehlt bei Prof. Pansch so sehr, dass er es sogar für ganz überflüssig hält sich mit den Verhältnissen der Windungen überhaupt einzulassen, und am Schlusse seiner Abhandlung sagt: „Diese müssen sich aus der Beschreibung der Furchen von selbst ergeben, und würde eine eingehende Betrachtung derselben wenig Nutzen haben.“ Hier gehen allerdings unsere Principien ganz auseinander; denn ich bin ganz entgegengesetzter Meinung. Ich glaube, dass es in letzter Instanz grade nur auf eine genaue Einsicht und ein Verständniss des Verhaltens der Windungen ankommt, denn ich bin und bleibe der schon in meiner ersten Abhandlung über die Grosshirnwindungen pag. 54 ausgesprochenen Ansicht, dass es der Hauptzweck dieser Topographie der Grosshirnoberfläche ist, in diesen Windungen den Verbreitungs-Bezirk der in ihnen ausstrahlenden Fasern bestimmen zu können.

Dass aber auch ich vollkommen der Ansicht bin, dass vor Allem an einem Gehirn das Verhalten seiner Hauptfurchen festgestellt sein muss, wenn man über die betreffenden Windungen ins Reine kommen und sich verständigen will, das wird sich nun sogleich ergeben, wenn ich bemerke, dass eine der wichtigsten Abweichungen des Prof. Pansch von der von mir gelehrten Betrachtung des Affengehirns,

nämlich in Beziehung auf die sogen. dritte oder untere Stirnwindung darauf beruht, dass, wie ich glaube, Prof. Pansch über das Verhalten des sog. vorderen Schenkels der Fossa Sylvii im Irrthum ist. Prof. Pansch betrachtet eine Furche des Affen-, und in specie des Gorilla-Gehirns, als den vorderen Schenkel dieser Fossa Sylvii, welche dieses nach meiner Ansicht durchaus nicht ist. Er weicht desshalb auch von mir in Betreff der unteren Stirnwindung so weit ab, dass während ich diese bei den niederen Affen für gar nicht, bei den Anthropoiden für schwach und nur in ihren ersten Rudimenten entwickelt halte, Prof. Pansch umgekehrt, sowohl früher als jetzt, in Beziehung auf den Gorilla, diesen Theil für unverhältnissmässig gross erachtet.

Dieser Punkt verdient bei der Wichtigkeit, welche diese Windung wahrscheinlich in Beziehung auf das Sprachvermögen besitzt, eine ausführliche Erörterung, und er bedarf dieselbe, weil der erste Schein gerade bei dem Gorilla-Gehirn so sehr für Prof. Pansch spricht, dass, als ich dasselbe zuerst zu Gesicht bekam, ich in der That glaubte, Prof. Pansch Recht geben zu müssen, und nicht zweifle, dass ein Jeder, welcher die Sache nicht mit grosser Umsicht untersucht, unbedingt derselben Ansicht sein wird.

Prof. Pansch lehrt, dass bei dem Gorilla und, wie er meint, auch bei dem Chimpansé und Orang die Fossa Sylvii an der Stelle des Auseinandergehens ihrer drei Schenkel durch die umgebenden Windungen des Stirn-, Scheitel- und Schläfenlappens so wenig geschlossen sei, dass ein bemerkbarer Theil der Reil'schen Insel zwischen diesen Windungen frei zu Tage liege. Er lehrt dann ferner, dass der vordere Schenkel der Fossa Sylvii ansehnlich entwickelt sei, und von einer ansehnlichen unteren Stirnwindung umgeben werde.

Nun hatte ich bisher bei keinem einzigen Affenhirn jemals einen frei liegenden Theil der Insel beobachtet, son-

dern dieselbe, so weit sie überhaupt entwickelt war, immer vollständig bedeckt gesehen, so dass es sogar einer beträchtlichen Auseinander-Biegung der sie bedeckenden Hirntheile bedurfte, um sie überhaupt zu Gesicht zu bekommen. Ebenso erinnerte ich mich nur einer einzigen Angabe von Huxley (Vergl. Anatomie der Vertebraten, übersetzt von Dr. Ratzel pag. 406) und einer in derselben Schrift pag. 56 gegebenen Abbildung eines Chimpansé-Gehirns, durch welche das Freiliegen eines Theiles der Insel angegeben wird. Ich habe auch aufs Neue alle mir bekannten und zugänglichen Beschreibungen und Abbildungen von Affen- und insbesondere von Anthropoiden-Gehirnen, von Owen, Tiedemann, Vrolik, Marshall, Embleton, Turner, Rolletson, Gratiolet, Duvernoy etc. durchgesehen, und entweder in dieser Hinsicht gar keine Aeusserung gefunden, was wohl als ein negativer Beweis angesehen werden kann, oder es wird die Insel ausdrücklich als bedeckt bezeichnet, und keine Abbildung lässt sie irgendwo sichtbar werden.

Ich war daher im äussersten Grade überrascht, als ich das Hamburger Gorilla-Gehirn zu Gesicht bekam, und bei demselben in der That die Spitze der Insel frei zwischen den umgebenden Theilen des Stirn-, Scheitel- und Schläfenlappens zu Tage treten sah. Und als ich nun an einem mir gleichfalls durch Dr. Bolau von Hamburg gütigst gesendeten weiblichen Orang-Gehirn das Gleiche beobachtete, so begriff ich vollkommen, wie Prof. Pansch zu seiner Ansicht und seinen Angaben gelangt war, obgleich zwei weitere von Hamburg überschickte Chimpansé-Gehirne wieder Nichts von dieser Eigenthümlichkeit zeigen. Dieselbe bildet also jedenfalls eine Ausnahme, und um so mehr sah ich mich veranlasst, die dabei auftretenden Verhältnisse und Fragen einer sorgfältigen Prüfung zu unterwerfen, welche mir denn auch, wie ich glaube Aufschluss, und wie mir scheint, in recht interessanter Weise gegeben haben.

Um diesen aber auch für Andere verständlich und annehmbar zu machen, ist es nothwendig, dass ich die Verhältnisse der Insel, der Fossa Sylvii und der benachbarten Furchen, der sogenannten Fissura anterior, des Sulcus anteroparietalis oder praecentralis, und der ersten primären Radiärfurche, sowie des S. orbitalis (Ecker) seu S. transversus plus externus (Weisbach), etwas ausführlicher an der Hand der menschlichen Anatomie, der vergleichenden Anatomie und der Entwicklungsgeschichte auseinandersetze.

Die Fossa Sylvii entsteht bekanntlich schon sehr früh an dem Fötus-Gehirn, etwa in der 11. Woche, als eine Einknickung der Hemisphärenblase an ihrer unteren und lateralen Fläche, wodurch jene in zwei Theile getheilt wird. Sie ist Anfangs zwar flach und weit, verdient aber in dieser ersten Zeit doch eher den Namen einer Furche als einer Grube, welche sich von vorne und unten nach hinten und oben zieht. Erst allmählig im fünften Monat verwandelt sich diese Furche in eine wirkliche dreieckige Grube, indem sich der spätere vordere Schenkel auszubilden anfängt. Sie stellt dann ein ungleichseitiges Dreieck dar, dessen Spitze an die Basis des Gehirns fällt, die Basis nach oben an der lateralen Fläche desselben liegt, der längere Schenkel stark geneigt nach rückwärts, der kürzere vorne mehr gerade aufwärts steigt. Den Boden der dreieckigen Grube bildet der von den Seh- und Streifenhügeln und dem Linsenkern gebildete Kern der Hemisphäre, dessen hier die Hemisphären-Blase verdrängende äussere Fläche sich zur Insel entwickelt. Durch die immer stärkere Erhebung und Entwicklung der Ränder der Grube verwandelt sie sich einer Seits immer mehr, wenigstens äusserlich, in eine dreischenkliche Spalte, und die Insel wird anderer Seits immer mehr und mehr bedeckt, obwohl sie selbst bei dem Neugebornen nach Entfernung der Hirnhäute noch immer mit ihrem erhabensten Theile zu Tage tritt. Die ehemalige Spitze des Dreiecks

liegt jetzt ganz an der Basis des Gehirns als Stamm der Furche zwischen dem hinteren Rande des Stirnlappens und dem vorderen Theile des Schläfenlappens; der hintere längere Ast reicht mehr oder weniger weit an der lateralen Fläche der Hemisphäre nach hinten und oben hinauf, endet hier entweder einfach oder oft auch gespalten, und wird von einer einfachen oder auch doppelten Bogenwindung (meiner ersten Scheitelbogen-Windung, Gratiolets Pli marginal supérieur und inférieur) umgeben und abgeschlossen. Der vordere kürzere Schenkel der Spalte ist bei dem Menschen immer in mehrere, wenigstens zwei, aber auch drei und selbst vier Zweige zerlegt, um welche sich die Windungen der dritten oder unteren Stirnwindung in Bogen herumziehen.

Diese vielfach auf- und absteigende untere Stirnwindung geht immer mit einer Wurzel von dem unteren Ende der vorderen Centralwindung, oder dem vorderen Schenkel des unteren Schlussbogens der Centralfurche aus. Aber dieser Abgang von der Centralwindung verläuft bald oberflächlich, bald geht er in der Tiefe ab, was gleich weiter zu erörternde bemerkenswerth verschiedene Verhältnisse bedingt. Das vordere, medialwärts gerichtete Ende dieser gewundenen unteren Stirnwindung macht den hinteren, den Stamm der Fossa Sylvii nach vorne begrenzenden Rand der Augenfläche des Stirnlappens aus, und fliesst hier an dem sog. Trigonum olfactorium oder der Caruncula mammillaris mit der vordersten Windung der Insel zusammen, während die übrige Insel, wie allgemein bekannt ist und angegeben wird, von den sie umgebenden Windungen des Schläfen- und Scheitel-Lappens durch eine Furche getrennt ist, auch kein direkter Faserzusammenhang zwischen jenen und den Windungen der Insel besteht.

In Beziehung auf die Thierwelt erscheint die Fossa Sylvii in ihren ersten Spuren schon bei den Vögeln, wenig-

stens sehe ich sie an dem Gehirn eines Adlers und Kasuars schwach, bei einem Kakadu aber ganz deutlich ausgebildet, aber auch nur in der Gestalt einer weiten Furche, wie im allerersten Anfange bei dem menschlichen Embryo, nicht als eine Grube. Bei den niedrigsten Säugethieren, Nagern, z. B. bei Cavia verschwindet sie wieder, aber in den höheren Ordnungen, bei den Wiederkäuern, Einhufern, Dickhäutern, Fleischfressern, Affen, tritt sie zugleich mit der Insel wieder hervor, bildet aber bei Allen nur eine Spalte, die, von der unteren Hirnfläche ausgehend, an der lateralen Fläche entweder grade, oder auch etwas nach hinten geneigt, in die Höhe steigt. Bei den Wiederkäuern, Einhufern, Fleischfressern legen sich die bogenförmigen, sog. Urwindungen um sie herum; einen vorderen Schenkel besitzt sie nicht.[1]) Sie bildet auch bei den Embryonen

---

1) Ich bedaure, dass ich mit einem so verdienstvollen und scharfsinnigen Forscher und Psychologen wie Prof. Meynert, in der Auffassung der Windungen sowohl bei den Säugethieren als dem Menschen nicht übereinstimmen kann. Was jene betrifft, so differire ich vorzüglich von Prof. Meynert in Beziehung auf die Fossa Sylvii und die Fissura centralis s. Rolando. Ich kann mich nicht überzeugen, dass irgend ein Säugethier unter den anthropoiden Affen auch nur eine Spur eines vorderen Schenkels der Fossa Sylvii besitzt, und bin namentlich nicht im Stande die von Prof. Meynert als vorderer Schenkel der Fossa Silvii bei dem Bären bezeichnete Furche, als solchen anzuerkennen. Diese Furche scheidet nur bei diesem Thiere eine auch in der Schädelhöhle ausgesprochene eigenthümliche Abtheilung des Vorderhirns von dem übrigen Theile des letzteren ab, welche ich für den nur schwach entwickelten Stirnlappen halte. Ich finde nichts Aehnliches bei irgend einem anderen Fleischfresser und Omnivoren; auch sehe ich nicht, dass irgend ein anderer Autor, weder Leuret noch Gratiolet noch Tiedemann diese Furche als zur Fossa Sylvii gehörig aufgefasst hätten, noch irgend Einer überhaupt von einem vorderen Schenkel der Fossa Sylvii spricht.

Ich kann mich weiter nicht überzeugen, dass das Festhalten und der Versuch der Durchführung des Systems der Urwindungen des Gehirns der niederen Ordnungen der Säugethiere auch bei den Affen und

dieser Thiere nie eine solche offene, dreieckige Grube, wie bei dem menschlichen Embryo späterer Monate. Erst bei den grösseren und höheren Affen von den Cynocephalen an, fängt der vordere Schenkel der Fossa Sylvii an sich sehr schwach hervorzubilden, und zwar in fortschreitender Entwicklung von den Cynocephalen an bei Hylobates, Chimpansé und Orang. In gleicher Weise bildet sich die Insel immer mehr aus, und eine, aber immer noch sehr einfache, Windung legt sich um diesen vorderen Schenkel der Fossa Sylvii, den ich nur bei einem Dresdener Orang-Gehirn an seinem vorderen Ende etwas gespalten, und demgemäss von einem schwach getheilten Bogen umgeben sah. Dieser Bogen mit der in ihm befindlichen Fissur findet sich in allen guten Abbildungen und Seitenansichten des Chimpansé- und Orang-Gehirns, z. B. bei Gratiolet, Vrolik, obgleich Keiner sie als das erkannt hat, was sie wirklich ist. Am Besten beschreibt Turner in den Proceedings of the Roy. Soc. of Edinb. 1855—66. Vol. V. pag. 584 das Verhalten der Insel: „The median or central lobe (Island of Reil) consisted on the left side of five short and almost straight convolutions, none of which possessed great size, but on the right side only four were visible. The fissures which separeted these gyri from each other were short and shallow. The gyri

---

Menschen einer genetischen Wahrheit entspricht, und noch weniger irgend einen praktischen Erfolg für die Auffassung und Beschreibung der Windungen des Affen- und Menschenhirns, und eine Erleichterung der Verständigung über dieselben in sich einschliesst. Das Auftreten der ersten Furchen an dem menschlichen Embryonal-Gehirn: der Fiss. occipitalis perpend. int., der Fiss. centralis, dann der sogenannten Radiärfurchen, vernichtet von vorne herein das Bild und die Anordnung der bogenförmigen Urwindungen um die Fossa Sylvii herum; letztere werden durch diese Radiärfurchen von Anfang an in einzelne Systeme von selbstständigen Bogenwindungen zerlegt, die sich bei den niederen Thieren gar nicht finden.

radiated outwards and bakwards from the locus perforatus anticus. The most anterior joined superficially the inferior frontal gyrus; the rest were separated by a deep grove from the convolutions which formed the anterior lip of the Sylvian fissure. The island was deeply situated within the fissure of Sylvius, and excepting a small part of the most anterior gyrus, where it joined the inferior frontal, was completly concealed so long as the lips of the fissure were in situ.“ Leider giebt er keine Seitenansicht des Gehirns und man bleibt daher über den vorderen Schenkel der Fossa Sylvii und sein Verhalten zur unteren Stirnwindung in Zweifel. Ebenso ist es bedauerlicher Weise mit einer von Marshall in The natural Hist. Review 1861. p. 296 gegebenen Photographie der Seitenansicht eines Chimpansé-Gehirns; die betreffende Stelle liegt ganz unkenntlich im Dunkel. Niemand ist auf das Verhalten des vorderen Schenkels der Fossa Sylvii und die sich um denselben herumziehende Windung aufmerksam geworden; Alle folgen Gratiolet und beschreiben die mittlere Stirnwindung als die untere, wobei sie freilich auch Alle in Beziehung der Annahme und Trennung einer oberen und mittleren Stirnwindung in Verlegenheit kommen. Doch ehe ich diesen Punkt weiter verfolge, muss ich zunächst über die sogenannte Fissura anterior und den Sulcus praecentralis sprechen.

Diese Fissura anterior, d. i. eine vor dem unteren Ende der vorderen Centralwindung an der lateralen Fläche der Hemisphäre von der Sylvischen Grube gerade aufsteigende Furche, wird von einigen älteren Anatomen z. B. von Krause, als die Grenze zwischen Stirn- und Scheitellappen beschrieben, und Turner betrachtet dieselbe in seiner Beschreibung der Windungen des menschlichen Gehirns in dem Edinb. med. Journal 1866. Vol. XI. 2. p. 1109. als den vorderen Schenkel der Fossa Sylvii. Huxley beschrieb die-

selbe Furche an dem Gehirn eines Ateles in den Proceedings of the zool. Soc. of London 1866 p. 257. als antero parietal sulcus, und Ecker gab ihr den Namen: Sulcus praecentralis in seiner Abhandlung: die Hirnwindungen des Menschen, pag. 16; identificirt sie mit der sogenannten ersten primären Radiärfurche des Fötusgehirns, oder lässt sie wenigstens in diese sich fortsetzen, und hält sie für eine typische.

Ich habe mich schon in meiner Abhandlung über die Grosshirnwindungen des Menschen, pag. 19 u. 27, gegen die Homologie dieser Furche mit dem vorderen Schenkel der Fossa Sylvii und dann auch überhaupt gegen ihre Annahme als einer wesentlichen, oder gar typischen, erklärt und diese Negation auch später aufrecht erhalten, insofern jene Furche etwas Verschiedenes von der ersten primären Radiärfurche des Fötus sein soll. Diese Furche ist, wie auch Ecker am angeführten Orte bemerkt, immer von der Fossa Sylvii durch die von der vorderen Centralwindung abgehende Wurzel der unteren Stirnwindung geschieden. In vielen Fällen ist das ganz evident, wenn die eben genannte Wurzel oberflächlich von der Centralwindung abgeht. Oft ist letzteres allerdings auch nicht der Fall, sondern dieser Abgang erfolgt mit einem mehr oder weniger in die Tiefe dringenden Bogen, und dann kann mehr oder weniger der Schein entstehen, als sei ein Sulcus praecentralis überhaupt vorhanden, und als gehe er aus der Fossa Sylvii, etwa als deren vorderer Schenkel, hervor. Allein wenn man genau zusieht, so wird man finden, dass dieses NIE der Fall ist, sondern, wie gesagt, immer eine diese Furche von der Fossa Sylvii scheidende Windung vorhanden ist.

Ich kann aber, wie gesagt, von diesem Sulcus praecentralis überhaupt Nichts weiter anerkennen, als insofern an demselben die embryonale primäre Radiärfurche betheiligt ist. Diese ist in der That typisch und scheidet bei

dem Menschen als Sulcus frontalis superior immer die mittlere und die untere Stirnwindung von einander. Da kann es dann geschehen, dass, wenn die untere Stirnwindung in der Tiefe von der vorderen Centralwindung abgeht, diese Radiärfurche sich vor der vorderen Centralwindung herabsteigend, bis zur Fossa Sylvii hinzieht, wie Prof. Ecker dieses in seiner Fig. I. abbildet; doch ist dieses nur selten der Fall. Wenn so der Stamm und Ursprung dieses sog. Sulcus praecentralis schon ein sehr precärer und oft fehlender ist, so fehlt seine vordere vor der vorderen Centralwindung aufsteigende Fortsetzung noch viel öfter, weil es viel seltener ist, dass auch die mittlere Stirnwindung von der vorderen Centralwindung mit einer tiefen Wurzel abgeht, diese vielmehr in der bei weitem grössten Mehrzahl der Fälle einfach oder selbst doppelt oberflächlich verläuft. Dann ist eben von diesem Sulcus praecentralis gar keine Rede.

Fast alle Autoren sind nun der Meinung, dass eine an dem Gehirn vieler, nicht aller, Affen in auffallender Weise, an der Grenze zwischen der lateralen und Augenfläche verlaufende Bogenfurche identisch, d. h. homolog mit der ersten primären Radiärfurche des menschlichen Embryonal-Gehirns sei, auch bei den Affen zur Scheidung zwischen der mittleren und unteren Stirnwindung diene, die über ihr gelegene Windung also die mittlere, die unter ihr gelegene die untere Stirnwindung sei.

Prof. Pansch sagt p. 22 seiner Abhandlung über das Gorillagehirn, die Homologie dieser Furche bei Affen und Menschen stehe seiner Meinung nach ausser aller Frage, und indem er daher die unterhalb dieser Furche liegende Hirnpartie für die untere Stirnwindung erklärt, kommt er zu dem Schlusse, dass diese Windung gerade bei den Affen unverhältnissmässig stark sei. Ich selbst habe früher in meiner Abhandlung über die Grosshirnwindungen des Menschen

dieser Ansicht gehuldigt, und wenn ich gleich schon damals Bedenken trug, mit Gratiolet auch bei den Affen drei Stirnwindungen anzunehmen, so glaubte ich doch, dass die unterhalb der genannten Bogenfurche liegende Windung der dritten oder unteren Stirnwindung des Menschen entspreche, die obere und mittlere dann aber sehr wenig von einander gesondert seien.

Seitdem ich indessen die Anthropoidengehirne durch eigene Untersuchung genauer kennen lernte, bin ich von meiner früheren Ansicht insofern zurückgekommen, als ich die unterhalb der genannten Bogenfurche liegende Windung nicht mehr für die untere, sondern für die mittlere Stirnwindung halte, und die untere Stirnwindung nur in einer erst bei den Anthropoiden allmälig in schwachen Anfängen um den vorderen Schenkel der Fossa Sylvii auftretenden Bogenwindung erkenne (s. meine Abhandl. Beiträge zur Anatomie des Hylobates lacuscies p. 76 u. f.). Es ist damit verbunden, dass ich in der erwähnten Bogenfurche des Affengehirns nicht mehr die homologe Furche mit der ersten primären Radiärfurche des embryonalen und mit dem Sulcus front. inf. des erwachsenen Menschen-Gehirns, sondern nur eine analoge Furche, zur Scheidung zwischen oberer und mittlerer Stirnwindung erblicke. Es würde sehr werthvoll sein, zur vollständigen Aufklärung dieses Verhältnisses Gehirne von Affen-Embryonen zu studiren. In wahrscheinlich noch langer Ermangelung derselben muss ich mich eben an andere Gründe zur Unterstützung meiner auf den ersten oberflächlichen Blick nicht sehr wahrscheinlichen Ansicht stützen.

Wenn man nämlich die genannte Windung bei den Affen für die untere Stirnwindung erklärt, so kommt man mit den beiden oberen Stirnwindungen sehr schlecht zurecht, und kann nur selten eine irgendwie wahrscheinliche Trennung zwischen ihnen auffinden. Man muss dann an-

nehmen, dass sie noch weit mehr bei den Affen als bei dem Menschen zusammenhängen, was doch bei der grösseren Einfachheit der ganzen Anordnung gar nicht wahrscheinlich ist; denn bei dem Menschen vermehren sich ihre Verbindungen in gradem Verhältniss wie beide sich höher in secundären Windungen entwickeln. Beide Windungen würden dann bei den Affen schon an dem vorderen medialen Rande des Stirnlappens ganz ineinander übergehen, und sich nur in dem ganz schmalen, den Sulcus olfactorius medianwärts begrenzenden Gyrus auf die Orbitalfläche fortsetzen, während bei dem Menschen der grösste Theil dieser Orbital-Fläche von der Fortsetzung des mittleren Stirnwindungszuges eingenommen wird. Diese Rolle würde dann bei den Affen die untere Stirnwindung einnehmen, welche bei dem Menschen nur den hinteren Rand der Orbitalfläche bildet.

Es ist ferner für Jedermann einleuchtend, und Gratiolet hat dieses ganz vorzüglich in seiner Note über das von ihm untersuchte Gorilla-Gehirn in den Comptes rendus 1860, Tom. 50, p. 801, auseinandergesetzt und betont, dass das Affengehirn und insbesondere das Gorilla-Gehirn, sich am allermeisten von dem Menschengehirn durch die mangelhafte Entwicklung seines Stirntheiles unterscheidet, und dass diese Mangelhaftigkeit, ausser in der bedeutenden Abflachung, vorzüglich auf der dürftigen Entwicklung der Seiten- und besonders der Orbital-Theile des Stirnlappens beruht. Jeder Affenschädel zeigt diese grossen Verschiedenheiten auf den ersten Blick. Alle besonders niedrigstehende Schädel vom Menschen, insbesondere auch die Mikrocephalen-Schädel, zeigen diese schmale zugeschärfte Beschaffenheit der Stirn, und wenn man nun die Gehirne dieser Schädel untersucht, so sieht man, dass es vorzüglich die untere Stirnwindung ist, welche sich mangelhaft und verkümmert entwickelt zeigt. (S. meine Abhandlung: Ueber ein mikro-

cephalisches achtjähriges Mädchen in den Abhandlungen der Kgl. bayr. Akad. d. W. II. Cl. XI. Bd. II. Abth. p. 14.)

Es ist daher gewiss äusserst unwahrscheinlich, dass, wie Prof. Pansch meint, gerade die untere Stirnwindung bei den Affen sehr stark entwickelt sein soll, die Reduction der ganzen Stirn daher auf Kosten der beiden oberen Stirnlappen beruhen müsste. Als ich daher bei den Anthropoiden-Gehirnen jene kleine von dem unteren Ende der vorderen Centralwindung ausgehende Bogen-Windung, und in dieselbe eine kleine aus der vorderen oberen Ecke der Fossa Sylvii hervorgehende Furche in dieselbe eindringen sah, so konnte bei mir kein Zweifel bestehen bleiben, dass dieses der wahre vordere Schenkel der Fossa Sylvii und jene kleine Bogenfurche die untere Stirnwindung sei, die sich hier zu entwickeln anfange. Und als negativer, aber gewiss nicht unwesentlicher Beweis für diese Anschauung kommt hiezu, dass wenn diese Bogenwindung nicht diese untere Stirnwindung, und die in sie aus der Fossa Sylvii und in offenem Zusammenhange mit dieser sich herumziehende Furche, nicht der vordere Schenkel der Fossa Sylvii sein sollte, man gar nicht angeben kann was beide denn wirklich sein sollten.

Dieses führt mich nun aber endlich zur Betrachtung der Furche, welche Prof. Pansch an dem Gorilla-Gehirn und an dem Gehirn anderer Affen, für den vorderen Ast der Fossa Sylvii hält, eine Ansicht, mit welcher, wie ich nicht zweifle, Jeder, der das Gorilla-Gehirn allein für sich betrachtet, übereinzustimmen geneigt sein wird. Ich halte um zu zeigen, dass dieses dennoch ein Irrthum ist, es für das Zweckmässigste wieder von dem menschlichen Gehirn auszugehen.

Wenn wir bei demselben die Orbitalfläche des Stirnlappens betrachten, so sehen wir bekanntlich an deren medialem Rande den Sulcus olfactorius verlaufen, welcher

ausser seiner Bestimmung den Riechnerven aufzunehmen zugleich den an der medialen Fläche des Stirnlappens verlaufenden schmalen ersten oder oberen Stirnwindungszug begränzt. An seiner lateralen Seite breitet sich der zweite oder mittlere Stirnwindungszug aus, und auf ihm macht sich die bekannte H-Furche, Turners triradiate Sulcus, bemerkbar. Dann kommt die an dem hinteren Rande der Orbitalfläche gegen das Trigonum olfactorium hin auslaufende und den Stamm der Fossa Sylvii begränzende dritte oder untere Stirnwindung. Hier an der Gränze zwischen unterer und mittlerer Stirnwindung, beide von einander scheidend, findet sich eine Furche, welche Ecker Sulcus orbitalis, Weisbach (Die Supraorbitalwindungen des menschlichen Gehirns, Wien. med. Jahrbücher Bd. XIX, 1876) Sulcus transversus + S. externus nennt.[2]) Diese Furche zieht nur selten von dem Stamme der Fossa Sylvii wirklich a u s g e h e n d, sondern meist von ihr durch den Ausläufer der dritten Stirnwindung g e t r e n n t, aber doch bis nahe an sie hinreichend, von innen und hinten nach aussen vorn und oben gegen den lateralen Rand der Orbitalfläche des Stirnlappens hin, und endet hier meist von einem Windungs-

---

2) Trotz der grossen Sorgfalt und dem Reichthum an Beobachtungen, mit welcher Dr. Weisbach die Supraorbital-Windungen bearbeitet hat, kann ich mich doch nicht mit dem System, welches er in diese Furchen und Windungen hineinzubringen versucht hat, einverstanden erklären. Ich glaube nicht, dass der Typus dieser Furchen und Windungen in drei Längs- oder Sagital- und einer Querfurche besteht, sondern glaube, dass ausser dem Sulcus olfactorius nur noch sein Sulcus transversus ein typischer ist, ersterer zur Aufnahme des N. opticus, letzterer zur Scheidung zwischen dem Orbitaltheil der unteren und der mittleren Stirnwindung. Der S. transversus entwickelt dann sehr gewöhnlich zwei nach vorn tretende Fortsätze, deren einer der S. medius, der andere der S. externus von Weisbach sind. Doch kommen in der Anordnung der beiden letzteren, eben weil sie nicht typisch sind, sehr viele Varietäten vor.

bogen umgeben, der die hier fast nie fehlende Verbindung zwischen der mittleren und unteren Stirnwindung vermitteln hilft. Häufig verläuft diese Furche in der genannten Art auffällig und isolirt für sich, häufig aber geht auch von ihr, wie schon Ecker bemerkt, ein Ast nach vorwärts, der sich dann mit anderen Furchen an der Orbitalfläche des Stirnlappens zu der H-förmigen Figur gestaltet, und dann kann der eigentliche Verlauf der besprochenen Furche an der Grenze zwischen unterer und mittlerer Stirnwindung undeutlich werden. Aber ganz augenfällig dient sie eben zur Trennung der beiden genannten Windungen von einander an dieser unteren und lateralen Fläche des Stirnlappens, so wie die erste primäre Radiärfurche an der oberen und lateralen Fläche. Beide Furchen streben gegen einander und werden nur meistens durch die oben erwähnten Verbindungs-Windungen zwischen mittlerer und unterer Stirnwindung von einander getrennt. Wie ich sehe erscheinen auch beide Furchen meistens bei dem Fötus zu gleicher Zeit, nämlich am Ende des siebenten und Anfangs des achten Monates, nur nicht immer in gleich deutlicher Weise zu einander gehörig, weil eben die untere oft bald in complicirtere Furchen übergeht.

Diese selbe untere Furche, dieser Sulcus orbitalis oder transversus + externus findet sich nun auch an der Orbitalfläche und gegen den lateralen Rand des Stirnlappens hinziehend bei den Anthropoiden-Affen, und ist diejenige Furche, welche Prof. Pansch für den vorderen Schenkel der Fossa Sylvii hält. Bei den niedriger stehenden Affen findet sie sich nicht. Bei den in meinem Besitz befindlichen Gehirnen von Macacus- und Cynocephalus-Arten sehe ich sie gar nicht; unter den von Gratiolet abgebildeten Affengehirnen ist es nach diesen Abbildungen möglich, dass sich bei Lagothrix etwas von ihr findet. Zuerst aber tritt sie und ihr Verhalten zur Fossa Sylvii und deren vorderen

Schenkel sehr einfach und klar bei Hylobates hervor. Hier sieht man sie (in meiner Abhandlung über Hylobates leuciscus auf Tab. II. Fig. III und ebenso an den Abbildungen von Gratiolet) an dem hinteren Rande der Orbitalfläche des Stirnlappens, dicht neben dem sog. Trigonum olfactorium und fast an dem Stamme der Fossa Sylvii beginnend, aber nicht aus ihm hervorgehend, lateralwärts nach vorn und oben verlaufen, wo sie von einem Windungsbogen (c) umgeben wird, welchen ich für der mittleren Stirnwindung angehörig erachte. Etwas weiter nach rückwärts befindet sich der vordere Schenkel der Fossa Sylvii (5.) als eine kleine Spalte die offen von dieser letzteren Grube da ausgeht, wo sich ihr grösserer Schenkel noch hinten wendet. Sie kann Nichts anderes als dieser vordere Schenkel der Fossa Sylvii sein, und die kleine Bogenwindung (c) von der sie abgeschlossen wird, kann Nichts Anderes als die rudimentäre untere Stirnwindung sein, die noch einen gemeinschaftlichen Ursprung mit der mittleren Stirnwindung von dem unteren Ende der vorderen Centralwindung nimmt.

Ganz ebenso ist es bei dem von mir beschriebenen und abgebildeten Hamburger Chimpansé-Gehirn (Sitzungsb. d. II. Cl. d. b. A. d. W. 1871. I) (Nro. I), wo A′ der vordere Schenkel der Fossa Sylvii, 2. die mittlere, und 3. die untere Stirnwindung sind, welche beide ebenfalls noch gemeinschaftlich von dem unteren Ende der vorderen Centralwindung ausgehen. Die Fiss. orbitalis (Ecker) ist hier nicht so prägnant hervortretend und auf der Abbildung nicht bezeichnet, aber ganz deutlich, nur etwas gewundener verlaufend vorhanden, und wiederum beginnt sie, wie ich nach wiederholter Besichtigung des Gehirns nachtragen kann, weiter nach einwärts in der Nähe des Stammes der Fossa Sylvii, aber nicht aus ihr hervorgehend, nicht weit von dem Trigonum olfactorium, und um ihr laterales, vorderes oberes Ende

läuft wiederum in stärker entwickelten Bogen die mittlere Stirnwindung (2.)

Bei dem Dresdener Chimpansé-Gehirn (der Mafoka) verhält sich die Sache wesentlich ebenso.

Nicht anders ist es bei dem von mir beschriebenen und abgebildeten hiesigen Orang-Gehirn (Sitz.-Ber. d. b. A. d. W. II. Cl. 1876 2.) Auch hier sieht man (Fig. II.) den vorderen Schenkel der Fossa Sylvii bei A', mit der denselben umgebenden unteren Stirnwindung (3.); nach vorne und medialwärts von ihnen die nicht bezeichnete Fiss. orbitalis und um sie herum wiederum den Bogen der mittleren Stirnwindung. Auch an diesem Gehirn dringt die Fiss. orbitalis nicht bis in den Stamm der Fossa Sylvii hinein, und kann gar nicht für ihren vorderen Schenkel gehalten werden. Das von mir erwähnte Dresdner Orang-Gehirn verhielt sich ebenso.

Bei einem Hamburger Chimpansé-Gehirn, welches ich mit Nro. II. bezeichne, ist von einem früheren Beobachter die Fossa Sylvii weit aufgebogen und das Gehirn so erhärtet worden. Hier sieht jeder unbefangene Blick sogleich, dass die von mir als vorderer Schenkel der F. S. bezeichnete Furche unzweifelhaft diesen Namen verdient, der Sulcus orbitalis, welcher gleichzeitig vorhanden ist, aber nicht. Erstere geht gerade da wo es zu erwarten ist von dem Stamm und dem hinteren Aste der F. S. aus; und ist von einer einfachen Bogenwindung, einer unteren Stirnwindung umgeben, welche auch mit der vorderen Windung der Insel sich verbindet. Die zweite Furche, der Sulcus orbitalis, geht aber gar nicht in den Stamm der F. S. über, sondern ist von derselben eben durch die gegen das Tuber olfactorium auslaufende vordere Windung der Insel abgeschieden; dagegen ist sie an der lateralen Seite des Stirnlappens von einem Windungsbogen umgeben, der der mittleren Stirnwindung angehört. Es ist bemerkenswerth, dass an diesem Gehirn sich an der Orbitalfläche der Stirnlappen noch eine

zweite fast parallel mit der Sulcus orbitalis von hinten nach vorn und aussen verlaufende Furche findet, und ich bemerke dieses vorzüglich desswegen, weil an dem Gorilla-Gehirn sich eine ähnliche zweite Furche findet. Die obere Stirnwindung nimmt fast die ganze obere Fläche des Stirnlappens, die mittlere Stirnwindung die laterale und orbitale Partie desselben ein.

Das Hamburger Chimpansé-Gehirn Nr. III, welches leider ziemlich stark gelitten hat, ist besonders dadurch interessant, dass es sich einer Seits an das Gehirn Nro. II, anderer Seits an das Gorilla-Gehirn in Beziehung auf die hier besprochenen Verhältnisse anschliesst, aber die Insel noch bei ihm bedeckt ist. Es ist nämlich hier der vordere Schenkel der Fossa Sylvii und demgemäss auch die sich um ihn herumziehende Bogenfurche der unteren Stirnwindung nur schwach entwickelt, aber doch ganz deutlich in Uebereinstimmung mit den drei vorausgehend erwähnten Chimpansé-Gehirnen. Aber im Zusammenhang mit dieser schwachen Entwicklung des vorderen Schenkels der F. S. und der unteren Stirnwindung ist der Sulcus orbitalis weiter nach aussen gerückt; er geht besonders rechts ziemlich weit aussen in den Stamm der Fossa Sylvii über, und läuft an der lateralen Fläche des Stirnlappens neben der unteren Stirnwindung in die Höhe, um von einem Windungsbogen der mittleren Stirnwindung abgeschlossen zu werden und man könnte hier schon in Versuchung kommen diesen Sulcus für den vorderen Schenkel der F. S. zu halten, wenn derselbe nicht noch ausserdem vorhanden wäre. (S. Fig. V). Auch hier findet sich an der Orbitalfläche des Stirnlappens eine zweite mit dem Sulcus orbitalis fast parallel laufende Furche wie an dem Chimpansé-Gehirn No. II. Interessant ist es auch, dass an diesem Gehirn die vordere Centralwindung auf der rechten Seite unterbrochen ist, sowie auch meine innere obere Scheitelbogenwindung (der Premier Pli de

Passage externe) nicht an die Oberfläche kommt, sondern in die beiden Occipitalspalten als Pli de Passage supérieur interne hineingesenkt ist.

Es folgt nun das sehr interessante aber schwierig zu analysirende Hamburger Orang - Gehirn. Bei demselben steht die Fossa Sylvii offen und die Spitze der Insel ragt stark hervor. Wer ohne andere Orang- oder Chimpansé-Gehirne zu kennen, dieses Gehirn untersuchen würde, der würde unzweifelhaft sagen: Hier spalte sich der Stamm der Fossa Sylvii um die Insel herum in seine zwei Aeste, und um den vorderen gerade aufsteigenden Ast gruppire sich die untere grosse Stirnwindung. Und doch muss man sich an der Hand der Bekanntschaft mit anderen Chimpansé- und Orang-Gehirnen überzeugen, dass das Verhalten ganz anders ist. Kurz gesagt ist hier nach meiner Ueberzeugung die untere Stirnwindung, anstatt oberflächlich lateral um den vorderen Schenkel der Fossa Sylvii zu verlaufen, sehr wenig entwickelt und in die Tiefe gesenkt, läuft in der Tiefe um diesen vorderen Schenkel herum, der desshalb nach vorn offen steht und die Insel zum Vorschein kommen lässt. Letztere tritt aber dadurch besonders stark hervor, dass sich der vordere Schenkel der unteren Stirnwindung mit der vordersten Windung der Insel vereinigt hat. Was man auf den ersten Anschein für den vorderen Schenkel der Fossa Sylvii halten möchte, ist nur der Sulcus orbitalis. Derselbe beginnt auch hier an dem Tuber olfactorium aber ohne in die Fossa Sylvii einzumünden, und zieht dann an der äusseren Seite der Insel vorbei, um sich in den scheinbaren vorderen Schenkel der Fossa Sylvii fortzusetzen und an der lateralen Fläche des Stirnlappens durch einen Bogen der mittleren Stirnwindung abgeschlossen zu werden, welcher dann scheinbar die untere Stirnwindung darstellt. Auf der Orbitalfläche des Stirnlappens ist dann noch ausserdem eine H-förmige Furche vorhanden.

Dieses Orang-Gehirn ist aber auch ferner noch dadurch bemerkenswerth, dass bei demselben auf der rechten Seite wie bei dem Chimpansé-Gehirn III. die vordere Centralwindung in ihrem unteren Drittel unterbrochen ist, links nicht. Dadurch ist dann auch wieder ein besonderes Verhalten der beiden oberen Stirnwindungen und ihres Abganges von der vorderen Centralwindung gegeben. Die obere Stirnwindung nimmt den grössten Theil der oberen Fläche des Stirnlappens ein und geht mit zwei Wurzeln von der vorderen Centralwindung ab. Die mittlere Stirnwindung bildet gewissermassen mit einem aufsteigenden Schenkel das fehlende untere Stück der vorderen Centralwindung und wendet sich dann, in ab- und aufsteigenden Windungen an die laterale und sodann an die Orbitalfläche des Stirnlappens. Merkwürdig ist es, dass auch hier die innere obere Scheitelbogenwindung, die erste sog. Uebergangswindung, auf beiden Seiten scheinbar fehlt, d. h. ganz in die Tiefe gesunken ist, und wie bei niederen Affen als zweite innere Uebergangs-Windung auftritt. Endlich findet sich an diesem Orang-Gehirn die auffallende Abweichung von anderen Orang- und Anthropoiden-Gehirnen, dass der hintere Schenkel meiner ersten Scheitelbogen-Windung (Gratiolets Pli marginal inférieur) um das obere Ende der Fossa Sylvii herum so schwach entwickelt ist, dass er in die Tiefe tritt, und scheinbar dadurch das obere Ende des hinteren Astes der Fossa Sylvii mit dem oberen Ende der Parallelspalte, wie bei der Mehrzahl der niederen Affen zusammenfällt.

Man kommt sehr in Versuchung dieses abweichende Verhalten der oberen inneren Scheitelbogen-Windung und das dadurch hervorgebrachte Zusammenfallen der beiden Occipitalfurchen, die vollständige Ausbildung der sog. Affenspalte, und den mangelhaften Abschluss des hinteren Astes der Fossa Sylvii, mit der mangelhaften Entwicklung des vorderen Schen-

kels der Fossa Sylvii und der mangelhaften Entwicklung oder selbst dem Fehlen der unteren Stirnwindung zu combiniren, und daraus eine niederere Entwicklung des Gehirns dieser Individuen der Anthropoiden und ihr näheres Anschliessen an ihre niedereren Stammverwandten abzuleiten. Nur werden wir jetzt sehen, dass diese Degradationen des Anthropoiden-Gehirns nicht nothwendig zusammengehören, sondern die eine ohne die andere vorhanden sein kann. Denn der Gorilla zeigt die eine, aber nicht zugleich die andere niederere Entwicklungsstufe.

Ich komme nämlich nun endlich zu dem Gorilla-Gehirn, bei welchem, wie erwähnt, gleichwie bei dem oben beschriebenen Orang-Gehirn, die Insel mit ihrer Spitze zwischen den sie umgebenden Windungen auf beiden Seiten frei zu Tage liegt. Bei diesem Gehirn ist der Schein, dass der Stamm der Fossa Sylvii sich, wenn er bis zur Insel gelangt ist, in seine beiden die Insel umfassenden Schenkel theilt, und der vordere Schenkel alsdann an der lateralen Seite des Stirnlappens in die Höhe steigend, von der dritten oder unteren Stirnwindung umfasst wird, so gross, dass es durchaus nicht zu verwundern ist, wenn Prof. Pansch und Andere, welche dieses Verhalten eben nur hier und etwa bei dem erwähnten Hamburger Orang- und selbst noch an dem Hamburger Chimpansé-Gehirn No. III. untersucht haben, dasselbe auch wirklich in der genannten Weise auffassen.

Wer aber an einer grösseren Anzahl von Anthropoiden-Gehirnen die Verhältnisse kennen gelernt hat, der wird sich überzeugen müssen, dass die Sachlage doch eine ganz andere ist. Die Reihenfolge der vorausgehenden Beobachtungen lehrt, dass was man hier bei dem Gorilla für den vorderen Ast der Fossa Sylvii halten möchte, wiederum Nichts Anderes als der Sulcus orbitalis des Menschengehirns ist, welcher hier nur desswegen so täuschend als vorderer Ast der F. Sylvii erscheint, weil er erst sehr weit nach

aussen von dieser Fossa Sylvii sich trennt, und hier wirklich in sie übergeht, während dieses in alle den vorhergehenden Fällen, und selbst bei dem Hamburger Orang, wo doch die Insel auch bloss liegt, nicht der Fall ist, sondern dieser Sulcus orbitalis mehr oder weniger schon in der Nähe des Tuber olfactorius, und nicht in offenem Zusammenhang mit dem Stamm der Fossa Sylvii sich entwickelt. Man überzeugt sich dann auch, dass der um das äussere Ende dieses Sulcus orbitalis sich herumziehende Windungsbogen nicht der unteren, sondern der mittleren Stirnwindung angehört, die untere dagegen gar nicht sichtbar ist, weil sie ganz in die Tiefe gedrängt ist. Auf der rechten Seite spricht die directe Beobachtung vollkommen für diese letzte Auffassung. Man sieht hier, wenn man die Windungen hinreichend auseinanderbiegt, ganz bestimmt, von der gemeinschaftlich für mittlere und untere Stirnwindung von dem unteren Ende der vorderen Centralwindung abgehenden Wurzel, den äusseren Schenkel der unteren Stirnwindung sich in die Tiefe senken, dann wieder sich erheben und in die vorderste Windung der Insel übergehen. Die kurze Spalte um die sich diese Windung herumzieht und wegen der Einsenkung der zu ihr gehörigen Windung nach aussen offen steht, ist der vordere Schenkel der Fossa Sylvii. Auf der linken Seite ist die Sache nicht so evident, weil der Scheitel dieser kleinen unteren Stirnwindung sehr tief liegt, und sich in die Hemisphären-Masse hineindrängt; aber wer die Sache rechts gesehen und richtig aufgefasst hat, kann auch links nicht in Zweifel bleiben (S. Fig. VI.)

Man darf sich in dieser Auffassung auch nicht dadurch irre machen lassen, dass an der Orbitalfläche des Stirnlappens noch eine andere Furche verläuft, welche man geneigt sein könnte, für den Sulcus orbitalis zu halten. Er ist dieses indessen nicht, wie man bald sieht, wenn man die Verhältnisse genauer ins Auge fasst und namentlich

wiederum den oben beschriebenen Orang nicht ausser Acht lässt, wo diese Furche sich gleichfalls ausser dem dort ganz charakteristischen Sulcus orbitalis findet. Jene Furche bleibt ganz auf der Orbitalfläche, liegt ganz innerhalb des Orbitaltheils der mittleren Stirnwindung eingeschlossen, constituirt hier einen Theil der dreistrahligen oder H-förmigen Furche und trägt Nichts zur Abtrennung der mittleren Stirnwindung von der unteren bei, da diese hier gar nicht zum Vorschein kommt.

Ich sage also bei diesem Gorilla-Gehirn ist, abweichend von den meisten Gehirnen der anderen Anthropoiden, die untere Stirnwindung nur schwach, und ausserdem nur in einem in die Tiefe dringenden einfachen Bogen entwickelt. Ich finde dieses mit der noch mehr flachen und zugeschärften Beschaffenheit des Stirnlappens dieses Anthropoiden als der der übrigen, ganz in Uebereinstimmung, möchte indessen nicht behaupten, dass es nicht Gorilla-Gehirne giebt und man solche kennen lernen wird, bei welchen diese untere Stirnwindung zu Tage kommt, in ähnlicher Weise wie bei den anderen Anthropoiden, unter denen es indessen auch einen oder den anderen giebt, bei welchem diese untere Stirnwindung auch in die Tiefe sinkt, wie oben bei dem Hamburger Orang. Ich glaube, dass sich die Sache ganz in ähnlicher Weise verhält wie bei der ersten sogen. Uebergangs-Windung oder meiner oberen inneren Schenkelbogen-Windung, welche auch bald oberflächlich lateral als Premier Pli de Passage supérieur externe, bald tief und vertical als Pli de Passage supérieur interne verläuft.

Nachdem ich nun auf diese Weise die Frage nach dem Verhalten des vorderen Astes der Fossa Sylvii und der unteren Stirnwindung bei diesem Gorilla in Uebereinstimmung mit meiner Ansicht über dieses Verhalten bei den Affen überhaupt, und insbesondere bei den übrigen Anthropoiden, festgestellt zu haben glaube, bleibt mir nur noch

übrig eine kurze Beschreibung des Verhaltens der Furchen und Windungen dieses Gorilla-Gehirns überhaupt und im Zusammenhang zu geben.

In Beziehung auf die Furchen bin ich zwar der Meinung, dass die Fossa Sylvii auch bei dem Gehirn dieses Gorilla einen Stamm (A.) und einen vorderen Schenkel (A'') besitzt, der sich oberhalb der Insel nach vorne zieht; allein letzterer ist nicht abgeschlossen, und bildet nur eine nach aussen offene, kurze Spalte, weil die ihn umgebende untere Stirnwindung in der Tiefe stecken geblieben ist. Die von Prof. Pansch für den vorderen Schenkel der Fossa Sylvii gehaltenen Furche ist nur der Sulcus orbitalis (B.) (Ecker) oder Sulcus transversus + externus (Weisbach), an der Orbitalfläche des Stirnlappens, welcher für die Scheidung der unteren und mittleren Stirnwindung an der Orbitalfläche bestimmt ist, aber bei der mangelhaften Entwicklung der unteren Stirnwindung mit der Fossa Sylvii zusammengetreten ist. — Der hintere Schenkel der Fossa Sylvii (A') reicht sehr weit an den Seiten und Hemisphären hinauf und endet rechts in drei, links in zwei kurze Aeste.

Die Fissura centralis läuft ziemlich stark geneigt nach hinten; ihr oberer Abschluss liegt nur 30 Ctm. von dem hinteren Ende der Hemisphäre. Der untere Abschluss ist breit und überragt die Insel, aber so dass die Spitze der Insel frei bleibt.

Eine Fissura antero-parietalis oder praecentralis ist um so weniger vorhanden, als von dem unteren Ende der vorderen Centralwindung eine Wurzel der mittleren und von der Mitte dieser Centralwindung zwei Wurzeln der oberen Stirnwindung oberflächlich abgehen.

Es findet sich ein ziemlich entwickelter Sulcus frontalis (C.), welcher die obere von der mittleren Stirnwindung trennt, indem nur auf der linken Seite eine und noch dazu nur tief liegende Brücke zwischen beiden vorhanden ist.

Dieser Sulcus entspricht der vorderen primären Radiärfurche des menschlichen Embryo.

Die Fissura occipitalis perpendicularis interna (E.) verläuft senkrecht an der medialen Fläche der Hemisphäre zwischen Scheitel- und Hinterlappen. Sie wird oben durch die lateralwärts um sie verlaufende obere innere Scheitelbogenwindung (12.) (Premier Pli de Passage supérieur externe) von der Fissura occipitalis perpendicularis externa (E.') abgeschlossen, und unten durch den Gyrus calcarinus (14.) von der Fissura calcarina (K') getrennt.

Diese Fissura occipitalis perpendicularis externa (E'), die sogen. Affenspalte, ist übrigens sehr vollständig entwickelt, da sie oben bis dicht an die Fissura cerebri magna dringt und von derselben nur durch den schmalen hinteren Schenkel der oberen inneren Scheitelbogenwindung abgetrennt wird. Unten erreicht sie den Rand der Hemisphäre nicht, da sie hier eine Uebergangswindung vom Scheitellappen zum Hinterlappen abschliesst.

Die Fissura calcarina (K') verläuft besonders auf der linken Seite stark gekrümmt an der Grenze der medialen und unteren Fläche des Hinterlappens, geht vorne bis in die Fissura Hippocampi, und ist hinten in zwei Aeste gespalten.

Eine Fissura interparietalis (M.) ist auf beiden Seiten gut entwickelt, geht rechts oben in zwei Schenkel aus, deren vorderer oberer bis nahe an die mediale Fläche der Hemisphäre in den Vorzwickel (6.) eingreift, der hintere bis in die Fissura occipitalis perpend. externa übergeht. Links wird der obere Schenkel durch eine von der hinteren Centralwindung oberflächlich in den Vorzwickel übergehende Wurzel unterbrochen.

Die Fissura parallela s. temporalis superior (F.) dringt auf beiden Seiten sehr weit hinauf in den Scheitellappen ein und endet in demselben mit zwei Aesten.

Eine Fissura parallela secunda (G.) schliesst rechts eines Theils hinten mit einem in die Tiefe dringenden kleinen Windungsbogen ab, theils geht sie noch in eine, die untere Uebergangswindung vom Scheitel- zum Hinter-Lappen umziehende, Furche über. Links ist dieses nicht der Fall, sondern hier theilt sie sich in zwei Aeste, die von einem gemeinschaftlichen Windungsbogen umgeben werden.

Die Fissura collateralis (H.) dringt auf beiden Seiten weit nach vorn in den Schläfenlappen ein und trägt dadurch dazu bei, denselben in vier Windungszüge zu zerlegen.

Die Fissura calloso-marginalis (L.) läuft auf beiden Seiten hinten in zwei Schenkel aus. Der obere (L′) reicht bis auf die obere Fläche der Hemisphäre und wird hier durch einen stark lateralwärts laufenden, einen Bestandtheil des Vorzwickels bildenden Windungsbogen umgeben. Links ist dieser Schenkel sogar noch einmal gespalten. Der untere Schenkel dringt in den sogenannten Lobulus quadratus ein und bildet hier eine X-förmige Figur.

Was die Anordnung der Windungen betrifft, so geht nach meiner Anschauung die obere Stirnwindung (1.) auf beiden Seiten breit mit zwei Wurzeln von der vorderen Centralwindung aus, die obere ganz oben neben der Fissura longitudinalis cerebri, die untere noch unterhalb der Mitte. Beide Wurzeln vereinigen und verschmälern sich im weiteren Fortgang nach vorn so, dass sie an der Spitze des Stirnlappens nur noch eine einzige schmale, die Fissura cerebri magna begränzende Windung darstellen, welche nun auf die Orbitalfläche des Stirnlappens übergeht, und an der medialen Seite des Sulcus olfactorius bis zum Trigonum olfactorium nach hinten läuft. Eben diese vollständige Vereinigung der beiden genannten Wurzeln zu einer einzigen auf die Orbitalfläche übergehenden schmalen Windung, ist mir der Beweis, dass sie beide nur zur oberen

Stirnwindung gehören, die untere nicht die mittlere Stirnwindung darstellt, wie Prof. Pansch sie bezeichnet. Denn die mittlere Stirnwindung ist es, die sich vorzüglich an der Orbitalfläche des Stirnlappens am meisten ausbreitet.

Dieses thut denn nun auch der weiter nach aussen liegende Windungszug (2.), den ich desshalb als der mittleren Stirnwindung des Menschen entsprechend halte, obgleich er ganz von dem untern Ende der vorderen Centralwindung da ausgeht, wo bei dem Menschen die untere oder dritte Stirnwindung entspringt. Sie wendet sich zuerst an der lateralen Fläche des Stirnlappens nach vorne und biegt sich dann um das obere Ende des Sulcus orbitalis (B.), die Prof. Pansch für den vorderen Schenkel der Fossa Sylvii hält, herum auf die Orbitalfläche des Stirnlappens, welche sie, von mehreren secundären Furchen (Triradiade Sulcus Turner) durchzogen, ganz einnimmt. Mit der oberen Stirnwindung steht sie auf der oberen und lateralen Fläche des Stirnlappens nur durch eine kurze in der Tiefe verlaufende Windung in Verbindung, so dass beide oberflächlich durch einen Sulcus frontalis (die vordere primäre Radiärfurche) ganz von einander getrennt sind.

Die untere oder dritte Stirnwindung scheint, wie gesagt, ganz zu fehlen. Wenn man aber das untere Ende der Centralwindungen (den sogenannten Klappdeckel) etwas aufhebt, und in den neben demselben hinansteigende Sulcus orbitalis (B.) hineinsieht, so erblickt man hier eine von dem unteren Ende der vorderen Centralwindung gemeinschaftlich mit der Wurzel der mittleren Stirnwindung ausgehende kleine und kurze Windung (Fig. VI. 3.), welche sich mit ihrem absteigenden Schenkel in die Tiefe um den nach aussen offen stehenden, kurzen vorderen Schenkel der Fossa Sylvii herumzieht, und mit ihrem sich wieder erhebenden Schenkel in die Insel übergeht, und deren vorderste Windung zu sein scheint. Würde sie sich nach

aussen erhoben haben, so würde sie ganz in der Weise wie bei den meisten Anthropoiden-Gehirnen, die äusserlich sichtbare untere kleine Stirnwindung dargestellt haben. Wegen ihres tiefen Verlaufes und ihrer frühzeitigen Verbindung mit der vordersten Windung der Insel, bleibt diese einmal an ihrer Spitze unbedeckt, und sodann wird eben dadurch diese Spitze der Insel stärker, als sie es sonst zu sein pflegt. Das Verhalten ist auf beiden Seiten gleich; nur ist der kleine Windungsbogen der unteren Stirnwindung rechts noch deutlicher als links, weil er hier sich noch tiefer einsenkt.

Die beiden Centralwindungen (4. und 5.) sind an diesem Gorilla-Gehirn charakteristischer entwickelt, als bei allen anderen mir bis jetzt bekannt gewordenen Anthropoiden-Gehirnen. Beide, besonders die hinteren, laufen auf beiden Seiten vielfach gewunden und eingekerbt, die hintere in ihrer Mitte sogar durch eine secundäre Längsfurche getheilt. Der obere Schlussbogen der Centralfurche ist auf beiden Seiten oben ziemlich spitz und rechts ganz in die grosse Hirnspalte hineingedrängt, fast an der medialen Fläche der Hemisphäre. Der untere Schlussbogen ist besonders auf der rechten Seite ziemlich breit, steht nach vorn mit der Wurzel der mittleren und unteren Stirnwindung in Verbindung, und geht nach hinten mit mehrfachen Einkerbungen in dem aufsteigenden Schenkel meiner ersten Scheitelbogenwindung (8.) (Pli marginal supérieur) über.

Der Vorzwickel (6.) (Lobus parietalis superior. Lobule du deuxième Pli ascendant) ist nicht gross, aber windungsreich. Er zeigt auf beiden Seiten die Bogenwindung, in welche der obere Schenkel der Fissura calloso marginalis (L'.) mit ihren beiden Endästen eindringt. Lateralwärts von dieser verläuft eine schräg von vorn und aussen nach hinten und innen ihn durchsetzende Furche. Dann kommt eine Windung, die den hinteren Schenkel der Fissura interparietalis be-

9*

gränzt. Von seiner hinteren Seite geht meine innere obere Scheitelwindung (12.) (Premier Pli de Passage supérieur externe) in charakteristischer Weise horizontal und lateral um das obere Ende der Fissura occipitalis perpendicularis interna herum, und senkt sich mit ihrem etwas in die Tiefe gehenden und schmaleren hinterem Schenkel in den medialen Rand des Hinterlappens.

Meine erste Scheitelbogenwindung (8.) (Pli marginal supérieur) um das hintere Ende des hinteren Astes der Fossa Sylvii ist, wie schon gesagt, in ihrem von dem unteren Ende der hinteren Centralwindung ausgehenden Schenkel reich gefurcht, und von diesem vorderen Schenkel und dem Scheitel des Bogens geht der vordere Schenkel meiner zweiten Scheitelbogenwindung (9.) (Pli courbe) mit zwei Wurzeln aus und umgreift die zwei Endäste der Fissura parallela. Rechts findet sich keine oberflächliche Verbindung zwischen dieser zweiten Scheitelbogenwindung und dem Vorzwickel, daher, wie oben bemerkt, die Fissura interparietalis auf dieser Seite mit ihrem hinteren Aste vollständig durchgreift, was links nicht so offen der Fall ist, wegen einer hier bestehenden Verbindung mit dem Vorzwickel.

Allein von allen mir bekannten Anthropoiden hat dieser Gorilla auch noch eine dritte Scheitelbogenwindung (10.) um das obere Ende der Fissura parallela secunda (G.). Auf der rechten Seite ist dieselbe wenig entwickelt, da sie als ein kurzer Bogen um die genannte Fissur herum in die Tiefe greift und dieselbe desshalb auch nur unvollständig abschliesst. Links dagegen bildet sie sogar einen doppelten Bogen um das gespaltene Ende der erwähnten Furche.

Die mediale Partie des Scheitellappens, der sogen. viereckige Lappen (7.) ist nur schmal und enthält das X-förmig gestaltete untere hintere Ende der Fissura calloso marginalis.

Der Hinterlappen ist durch die beiden Fissurae occipitales (E u. E') oben und innen gut von dem Scheitellappen getrennt. Aussen und unten bildet eine gut entwickelte Uebergangs-Windung (11.) (Pli de Passage inférieur externe) wie bei allen Affen die Verbindung mit dem Scheitellappen. An der medialen Fläche verläuft die Fissura calcarina mit den beiden sie begränzenden Windungen, von denen die obere, Gyrus calcarinus (13.) zwar nach aufwärts, aber nicht lateralwärts gebogen verläuft, und daher die Fissura occipitalis perpend. interna von der Fissura calcarina abtrennt. Der Zusammenhang beider Furchen, als eine Eigenthümlichkeit des Menschen, wird also auch durch den Gorilla nicht beeinträchtigt. Da dieses Verhalten unzweifelhaft mit der Ausbildung des Calcar avis in dem Hinterhorn der Seitenventrikel zusammenhängt, so bleibt dasselbe als Ueberrest des einst so lebhaft geführten Streites über dieses hintere Horn bei den Affen, bestehen.

Auf der hinteren Fläche des Hinterlappens (14.) haben wir einmal die fast bei allen Affenhirnen hier befindliche dreistrahlige Furche stark entwickelt, zu welchen noch eine weitere von aussen und unten nach innen und oben verlaufende tief einschneidende Furche hinzukommt; und sodann an dem Uebergang zur medialen Fläche den rechts doppelten, links einfachen Schlussbogen der Fissura calcarina. Auf der unteren Fläche befindet sich ein sogen. zungenförmiges und spindelförmiges Läppchen, oder besser eine untere innere und untere äussere Hinterhauptswindung Gyrus occipito-temporalis medialis und lateralis (15. u. 16.).

An dem Schläfenlappen kann man wegen der Gegenwart einer Fissura parallela secunda vier Windungen unterscheiden (17—20). Mit den Windungen der übrigen Hirnlappen verglichen, muss man die Windungszüge des Schläfenlappens sehr einfach, ja in ihren vorderen Theilen fast glatt nennen.

Die Heschel'sche Windung in der Fossa Sylvii an der oberen Fläche des Schläfenlappens ist gut entwickelt vorhanden. Der Hacken des Gyrus Hippocampi (20.) zeigt eine Eigenthümlichkeit, welche ich noch an keinem Gehirn, weder eines Affen noch eines Menschen, gesehen habe. Er ist nämlich durch eine Querfurche in zwei Abtheilungen zerlegt. Es ist dieses vielleicht nur eine individuelle Eigenthümlichkeit, aber sie zeigt sich auf beiden Seiten.

Was die Reil'sche Insel oder den Stammlappen betrifft, so ist sie sehr vollkommen, ja stärker als ich es von irgend einem andern Affen kenne, entwickelt. Die Sylvische Grube ist nach Entfernung der Pia mater und der Blutgefässe ansehnlich weit, und die Basis der Insel, mit welcher sie auf dem Streifenhügel und der Vormauer aufsitzt ist breit; die Oberfläche ihres hinteren Theiles ist in zwei schwache Gyri, ihres vorderen Theiles dagegen in drei stark entwickelte Gyri getheilt, deren trennende Furchen ansehnlich tief sind. In dieselben legen sich entsprechende Gyri der benachbarten Hirnpartien, des unteren Bogen-Abschlusses der Centralwindungen und der oberen Schläfenwindung hinein. Die Spitze der Insel ragt, wie mehrmals bemerkt, zwischen den umgebenden Rändern des Stirn-, Scheitel- und Schläfenlappens frei hervor, und hängt, wie oben beschrieben, mit der unteren oder 3. Stirnwindung zusammen, wodurch grade die starke Entwicklung dieser Spitze der Insel hervorgerufen ist.

Die mediale Fläche endlich beider Hemisphären ist sehr reich in durch tiefe und weite Furchen von einander geschiedenen Windungen entwickelt. Wir haben da die Fissura calloso marginalis, von der nach oben fünf, und mit ihrem hinteren oberen Aste sechs starke Furchen ungefähr parallel hintereinander in die obere Stirnwindung und dann in den Scheitellappen eindringen (22.). Auch der Gyrus Cinguli (21.) ist reichlich eingekerbt. Dass das sogen

viereckige Läppchen schmal ist, habe ich schon gesagt. Dann kommt die Fiss. occ perp. int., dann die mediale, von einigen Secundärfurchen durchzogene Fläche des Keils, und dann das hintere Ende der Fissura calcarina mit den sie begränzenden Windungen.

Noch füge ich hinzu, dass auf diesem medialen Durchschnitt der Balken mit dem gerade in seine zwei Blätter zerlegten Septum pellucidum, die aufsteigenden Schenkel des Fornix, das Splenium Corporis Callosi, die Sehhügel mit der durchschnittenen sehr grossen Commissura mollis, die Höhle des 3. Ventrikels mit dem Infundibulum; vor den Sehhügeln das Foramen Monroi, ferner die Commissura anterior und posterior, dann weiterhin die Vierhügel, in ihrer Gestalt mit der des Menschen übereinstimmend, unter ihnen der Aquaeductus Sylvii, sodann die Valvula cerebri anterior, das Dach und der Boden des vierten Ventrikels, der Markbaum des Wurms des kleinen Hirns etc. sehr schön zu sehen sind. — An der Basis ist nur die schwache Entwicklung der übrigens getrennten Corpora mammillaria auffallend.

An dem kleinen Gehirn, sowohl an den Hemisphären als an dem Wurm, finden sich alle Furchen und Lappen, welche an dem menschlichen Gehirn unterschieden werden.

---

Bei einem Vergleich der Gehirn-Windungen der drei Anthropoiden untereinander, und zwar dreier junger und wahrscheinlich gleichalteriger Thiere, finde ich, dass unzweifelhaft das Gorilla-Gehirn das windungsreichste ist, und zwar an allen Lappen mit Ausnahme des Schläfen-Lappens.

Was die Stirnwindungen betrifft, so scheint mir in Betreff der beiden oberen Stirnwindungen der Vortheil auf Seiten des Gorilla zu fallen, schon weil bei ihm die Centralwindungen sich ansehnlich weiter nach hinten neigen als

bei dem Chimpansé und Orang, bei welchen sie fast senkrecht aufsteigen. Ich gebe keine Maasse in dieser Hinsicht, weil denselben doch keine absolute Richtigkeit zukommen würde, da die Gestalt der Gehirne zu sehr verändert ist; aber der Augenschein spricht für den Gorilla. In Beziehung auf die dritte oder untere Stirnwindung steht das vorliegende Exemplar des Gorilla-Hirns indessen entschieden niedriger als die meisten Chimpansé- und Orang-Gehirne, da bei ersterem diese Windung gar nicht zum Vorschein kommt. Vielleicht verhält sich dieses aber, wie gesagt, bei anderen Individuen anders, da ja auch die verschiedenen Chimpansés und Orangs Verschiedenheiten in der Ausbildung dieser unteren Stirnwindung zeigen, und wäre darauf, wie ich glaube, in Zukunft besonders zu achten.

In Beziehung auf die Scheitelwindungen sind die Centralwindungen bei Chimpansé und Orang selten so entschieden und mit so vielen secundären Furchen und Windungen ausgebildet wie bei dem Gorilla. Der Vorzwickel ist dagegen ebenso entschieden bei dem Gorilla schwächer entwickelt; am grössten dagegen bei dem Orang. Da die obere innere Scheitelbogenwindung auch bei den verschiedenen Chimpansé- und Orang-Gehirnen sehr verschiedene Verhältnisse zeigt, so ist daraus, dass dieselbe bei dem vorliegenden Gorilla-Gehirn oberflächlich verläuft, die beiden Occipitalfurchen wenigstens von einander scheidet, und daher im Allgemeinen eine hohe Entwicklung zeigt, doch noch nicht viel für den Gorilla überhaupt zu folgern; denn es könnte bei anderen Gorilla-Gehirnen anders sein, was meiner Ansicht nach ebenfalls besondere Aufmerksamkeit bei späteren Gelegenheiten verdient. Die seitlichen Scheitelbogenwindungen sind bei dem Gorilla schon insofern stärker entwickelt, als bei ihm eine dritte seitliche Scheitelbogenwindung wenigstens vorhanden ist, während ich sie bis jetzt bei keinem Chimpansé- und Orang-Gehirn gesehen

habe. Vielleicht der grösste Unterschied findet sich an dem Hinterlappen, der bei keinem der anderen Anthropoiden so viele und tiefe Furchen und dem entsprechend zahlreiche Windungen besitzt als bei dem Gorilla. Dagegen erscheint der Schläfenlappen bei diesem am einfachsten, bei dem Orang am meisten mit Secundärfurchen und Windungen versehen. In Beziehung auf die mediale Fläche beider Hemisphären möchten Gorilla und Orang über dem Chimpansé stehen.

Es möchte also im Ganzen wohl darauf hinauskommen, dass keines dieser drei Affengehirne absolut den Vorzug besitzt, sondern das eine in dieser, das andere in einer anderen Richtung. Namentlich kann man wohl wegen eines etwas grösseren Windungsreichthums dem Gorilla noch keinen absoluten psychischen Vorzug einräumen, da dieser grössere Reichthum vielleicht mit der grösseren Muskelmasse und Thätigkeit dieser Bestie zusammenhängt. Ueberhaupt möchte in Hinsicht auf diesen Vergleich noch die Bekanntschaft mit einer grösseren Zahl von Gehirnen erwachsener Thiere abzuwarten sein.

---

## Beschreibung der Abbildungen.

Die Abbildungen sind nach photographischen Aufnahmen möglichst genau in natürlicher Grösse ausgeführt.

Fig. I. zeigt das Gehirn des Gorilla von oben, etwas nach vorn geneigt und daher die Stirn etwas verkürzt, weil es mir vorzüglich auf die hintere Scheitelgegend bei dieser Darstellung ankam.

Fig. II. Rechte Hemisphäre des Gorilla-Gehirns, von unten und etwas von der Seite, um den Stamm der Fossa Sylvii (A.), den hinteren Ast derselben (A''), den Sulcus orbitalis (B.) und die freiliegende Spitze der Insel zu zeigen.

Fig. III Dieselbe Ansicht des Hamburger Chimpansé-Gehirns Nro. III. Auch hier sieht man die Fossa Sylvii in ihrem Stamm (A), dem vorderen Aste (A′), dem hinteren Aste (A″); den Sulcus orbitalis (B.) und die äusserste Spitze der Insel. Aus dem Vergleich der beiden letzten Figuren ergiebt sich, dass B. nicht der vordere Ast der Fossa Sylvii, sondern des Sulcus orbitalis ist.

Fig. IV. Ansicht des Gorilla-Gehirns von hinten. Die Abbildung ist etwas zu gross ausgefallen.

Fig. V. Mediale Fläche der linken Hemisphäre des Gorilla-Gehirns.

Fig. VI. Abbildung des Wachsmodells der linken Hemisphäre des Gorilla-Gehirns von aussen, an welchem ein Stück des Stirnlappens herausgeschnitten ist (was an dem natürlichen Gehirn nicht möglich war), um die kleine in die Tiefe dringende untere Stirnwindung (3.) zu zeigen.

Für alle Figuren gelten nachfolgende Bezeichnungen:

A. Stamm der Fossa Sylvii.
A′. Vorderer Ast derselben.
A″. Hinterer Ast derselben.
B. Sulcus orbitalis (Ecker); transversus plus externus (Weisbach).
C. Sulcus frontalis (Ecker).
D. Fissura centralis s. Rolando.
E. Fissura occipitalis perpendicularis interna.
E′. Fissura occipitalis perpendicularis externa.
F. Fissura parallela s. temporalis superior.
G. Fissura parallela secunda s. temporalis media.
H. Fissura collateralis s. temporalis inferior.
K. Fissura Hippocampi.
K′. Fissura calcarina.

Fig. I.

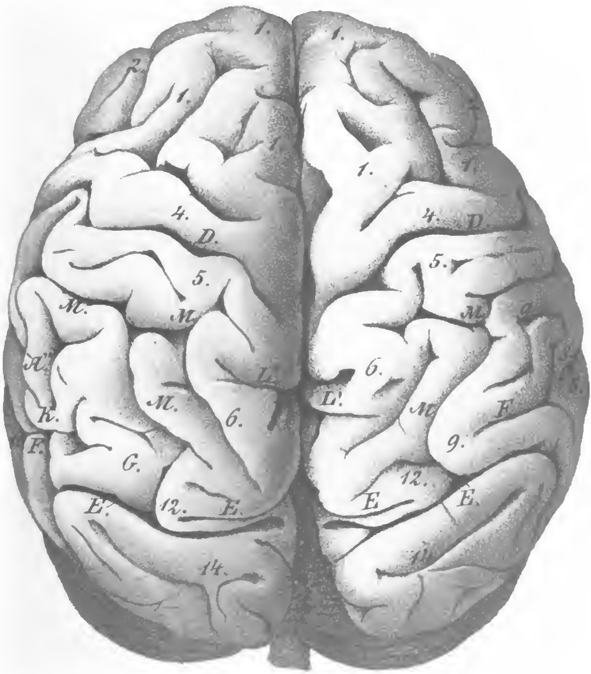


Fig. II.

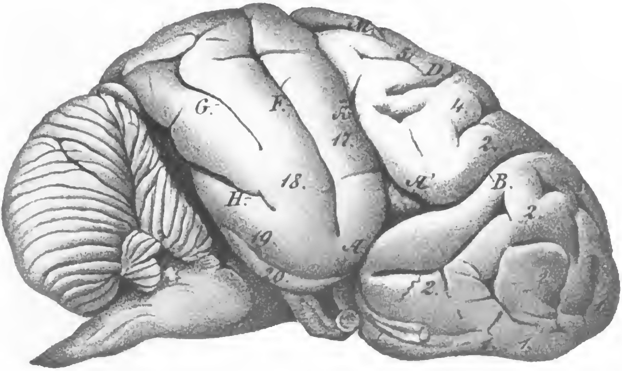



Fig. III.

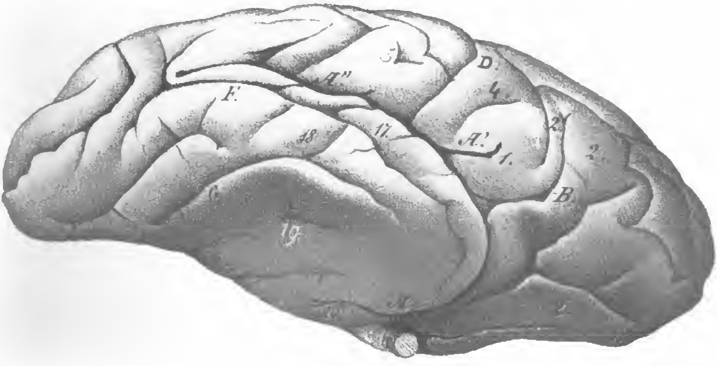


*Fig. IV.*

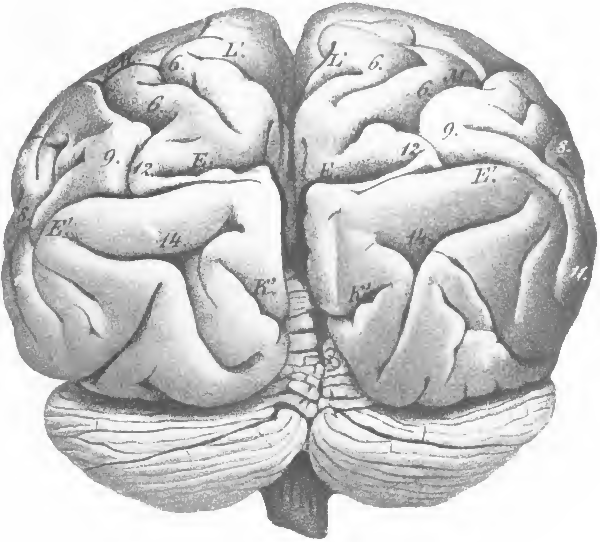
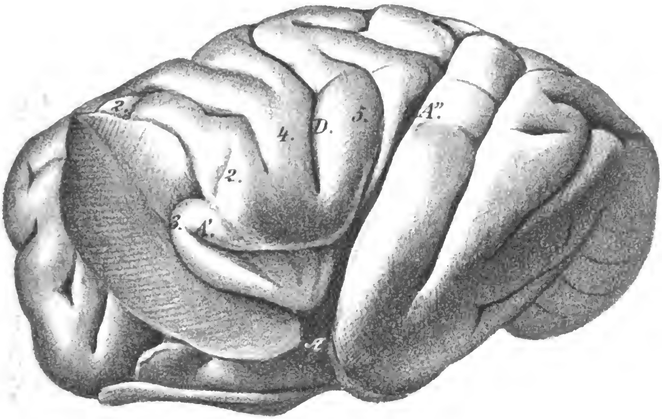

L'
6.
M.
6.
9.
12.
E.
8.
E'.
14.
K'.
L'
6.
M.
6.
9.
12.
8.
E'
E'.
14.
K'.
11.

*Fig. V.*


L'.
22.
E
7.
21.
L.
22.
15.
13.
12'.
16.
21.
22.
20.

Fig. VI.



L. Fissura calloso-marginalis.
L'. Oberes hinteres Ende dieser Fissur.
M Fissura interparietalis.

1. Obere Stirnwindung.
2. Mittlere Stirnwindung.
3. Untere Stirnwindung.
4. Vordere Centralwindung.
5. Hintere Centralwindung.
6. Vorzwickel (Lobule du deuxième Pli ascendant).
7. Mediale Fläche dieses Vorzwickels (Lobule quadrilatère).
8. Erste oder vordere Scheitelbogenwindung (Pli marginale supérieur).
9. Zweite Scheitelbogenwindung (Pli courbe).
10. Dritte Scheitelbogenwindung.
11. Untere Uebergangs-Windung (Pli de Passage inférieur erterne).
12. Vierte oder innere obere Scheitelbogenwindung (Premier Pli de Passage externe).
13. Gyrus calcarinus (beim Menschen fünfte oder innere untere Scheitelbogenwindung. Pli de Passage inférieur interne).
14. Zwickel oder oberes Hinterhaupts-Läppchen.
15. Untere innere Hinterhauptswindung oder zungenförmiges Läppchen.
16. Untere äussere Hinterhauptswindung oder spindelförmiges Läppchen.
17. Erste Schläfenwindung.
18. Zweite Schläfenwindung.
19. Dritte Schläfenwindung.
20. Vierte Schläfenwindung; Gyrus Hippocampi.
21. Zwingenwulst; Gyrus cinguli.
22. Mediale Fläche der oberen Stirnwindung.

## Oeffentliche Sitzung der k. Akademie der Wissenschaften

### zur Feier des 118. Stiftungstages am 28. März 1877.

---

Der Secretär der mathematisch-physikalischen Classe Herr v. Kobell las nachstehende Nekrologe:

### Christian Gottfried Ehrenberg.

Geb. am 19. April 1795 zu Delitzsch, Prov. Sachsen.
Gest. am 28. Juni 1876 zu Berlin.

Ehrenberg machte seine vorbereitenden Studien in Schulpforta und ging 1815 nach Leipzig, um an der Universität Theologie zu studiren, wandte sich aber bald medicinischen und naturhistorischen Studien zu. Er promovirte 1818 zu Berlin als Doctor der Medicin und Chirurgie. Schon damals beschäftigten ihn die kleinsten organischen Körper und ihre Entwicklung und er untersuchte daraufhin Pilze und Schimmelbildungen. 1820 gewährte ihm und seinem Freunde Dr. Hemprich die Akademie der Wissenschaften in Berlin die Mittel zu einer Reise nach Aegypten. Sie bereisten Ober- und Mittel-Aegypten und einen Theil von Unterägypten, worauf sie eine Reise an's Rothe Meer und nach Suez unternahmen und die Korallenbänke im Rothen Meere eingehend untersuchten. Nach mannigfachen

Wanderungen in Syrien und Arabien verlor Ehrenberg seinen Gefährten, der in Massaua am Fieber starb. Im Herbst 1826 nach Europa zurückgekehrt, wurde er an der Universität zu Berlin zum ausserordentlichen und 1839 zum ordentlichen Professor in der medicinischen Facultät ernannt und 1842 zum Secretär der Akademie der Wissenschaften. Er beschrieb seine Reise unter dem Titel „Naturgeschichtliche Reisen durch Nordafrika und Westasien 1820 bis 25 von W. F. Hemprich und C. G. Ehrenberg.“ 1829 begleitete er, mit G. Rose, Al. v. Humboldt nach dem Ural und bis zum Altai.

Er hat seine anfänglichen Studien über die kleinsten organischen Wesen unausgesetzt verfolgt und weiter geführt und erwarb sich einen hervorragenden Namen durch seine Schrift „Organisation, Systematik und geographisches Verhältniss der Infusionsthiere (Berlin 1830). Seine vielen Arbeiten führten ihn zu dem Schlusse, dass die früher angenommene Generatio spontanea oder aequivoca nicht haltbar sei und er erkannte, dass eine Menge neuer Bildungen von Bergmehl, Kieselguhr, Polier- und Saugschiefern aus Panzer-Infusorien bestehen. In einer Abhandlung über „die lebende Dammerde“ bespricht er das Verhalten der noch lebenden Bacillarien, welche in den Gewässern des Berliner Thiergartens in grösster Mannigfaltigkeit und in solcher Menge vorkommen, dass man leicht in einen Tag bis $1/2$ Zentner davon sammeln kann. Nach seiner Berechnung enthält ein Cubikzoll des Schlammes $1\,1/2$—5 Millionen dieser Thierchen.

Eine besondere Untersuchung hat er der Kreide gewidmet, in welcher er Polythalamien-Reste als wesentlichen Bestandtheil erkannte, so in der Kreide von Rügen, von den dänischen Inseln, von Norwich in England, Meudon bei Paris, Girgenti in Sicilien und in vielen andern. 1 Kubikzoll Kreide enthält über 10 Millionen der Polythalamien, deren Schalen theils kalkig, theils kieslig. Diese Bildungen

von grösster Ausdehnung erkannte er auch im Grünsand und fortsetzend in den eocenen Tertiärgebilden. Er suchte und fand die mikroskopischen Organismen in der Atmosphäre und deren Niederschlägen auf Bäumen, Dächern etc., im Passat- und Scirocco-Staub und in den Schlammproben vom Meeresgrund, im Elbe- und Nilschlamm etc. Er schliesst, dass die besprochenen felsbildenden Thierchen gleichzeitig über die ganze Erdoberfläche verbreitet gewesen zu sein scheinen, von Meerestiefen bis 12000 Fuss und wieder bis zu 14000 Fuss Alpenhöhe. Eine systematische Zusammenstellung seiner fast zahllosen Beobachtungen gibt das Werk „Mikrogeologie" (Leipzig 1856). Den Aufbau von Felsmassen in einer Mächtigkeit über 1000 Fuss durch die Infusorien-Gebilde erklärt er mit der ausserordentlich schnellen Entwicklung der Kieselthierchen und ihre Vermehrung durch Selbsttheilen. Er hält seine Behauptung aufrecht, dass die sogenannten Infusions-Thierchen bis zu den Monaden und Kiesel-Infusorien Thiere seien und nicht pflanzlicher Bildung, wie man von einigen Seiten geltend zu machen gesucht hat. Wie dem sein möge, so ist das hohe Verdienst, welches sich Ehrenberg erworben, indem er nachgewiesen, welchen wichtigen Antheil organisches Leben an der Bildung der Erdrinde genommen hat, ein anerkanntes und bleibendes.

---

## Karl Ernst v. Bär.

Geb. 1792 am 28. Febr. auf dem Landgut Piep in Esthland.
Gest. 1876 am 28. Nov. in Dorpat.

Bär machte seine ersten Studien auf der Ritter- und Domschule zu Reval. Er zeigte frühzeitig eine Vorliebe für Naturwissenschaften, besonders für Botanik. Er studirte dann zu Dorpat Medicin, unter Burdach Anatomie und Physiologie, und nachdem er auf einer wissenschaftlichen Reise nach Deutschland in Würzburg Ignaz Döllinger kennen ge-

lernt, übten dessen Vorträge namentlich über vergleichende Anatomie eine folgenreiche Anziehung auf ihn aus. Döllinger beschäftigte ihn auch viel mit praktischen Arbeiten in der Anatomie und er erwähnt dieses Lehrers, der ihn in's rechte Fahrwasser gebracht habe, in seiner Selbstbiographie mit grosser Verehrung. Die Lehrart Döllingers, der immer das Wesentliche von dem Unwesentlichen hervorzuheben verstand und aller Gelehrtthuerei fremd war, hat entschieden auch auf die Klarheit der Anschauungen Bär's bei seinen Studien Einfluss gehabt.

1817 erhielt Bär die Stelle eines Prosectors zu Königsberg und wurde 1819 zum Professor der Zoologie ernannt. 1826 trat ihm Burdach die Leitung der dortigen anatomischen Anstalt ab. Auf einen erhaltenen Ruf ging er 1829 nach Petersburg, wo ihn die Kaiserl. Akademie zum Mitglied ernannte, kehrte zwar, Familienverhältnisse wegen schon im folgenden Jahre wieder nach Königsberg zurück, nahm aber 1833 die gebotene Stellung bei der Petersburger Akademie definitiv an. Er hatte damals bereits Vorlesungen über Anthropologie und seine wichtige Schrift „De ovi mammalium et hominis genesi (1827) publicirt, welchem sein Hauptwerk „Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere (1828) folgte. Nach seiner Uebersiedlung unternahm er von Petersburg aus mehrfache und ausgedehnte Reisen, welche seine Forschungen erweiterten und bereicherten, so 1837 im Auftrag der Akademie eine Reise über Archangelsk nach Novaja Semlja, eine zweite 1840 in Begleitung von A. Th. v. Middendorff und des Herrn Pankewitsch nach der Ost- und Nordküste des russischen Lappland, besuchte das südliche Finnland und die Inseln des Finnischen Meerbusens und um die Mannigfaltigkeit der Thierwelt auch in einem südlichen Meere beobachten zu können, begab er sich 1845 und 1846 nach Triest und Genua. Als 1851 auf Anordnung des Ministers der Reichsdomänen Graf Kisseleff eine

wissenschaftliche Expedition zur Untersuchung der Fischerei im Peipus-See und im Baltischen Meere ausgerüstet wurde, hat Bär ihre Leitung übernommen und schloss weiter eine Untersuchung der Fischereien Schwedens an. Diese Unternehmungen sollten als Vorbereitung zur Untersuchung der grossen und staatswirthschaftlich wichtigen Fischereien im Kaspischen Meer dienen, welche ihm zugetheilt wurden und sich von 1853 an auf fast 4 Jahre ausdehnten. Er hat später noch weitere Reisen in Russland ausgeführt. Dabei hat er sich auch wie um die Naturgeschichte, grosse Verdienste um die Länder- und Völkerkunde erworben.

Die Glanzpunkte seines unermüdlichen Forschens sind auf dem Gebiete der Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere die Entdeckung des Eierstockeies, wovon ausgehend er der Wissenschaft die Bahnen brach und die Ziele aufwies. Durch seine ethnographischen Studien gab er auch den Hauptimpuls zu den anthropologischen Bestrebungen der neueren Zeit.

1863 gab Bär vorgerückten Alters wegen seine Stellung als ordentliches Mitglied der Petersburger Akademie auf. Bei Gelegenheit seines 50jährigen Doctorjubiläums (29. August 1864) entsprach er der Aufforderung der Esthländischen Ritterschaft, eine Selbstbiographie zu entwerfen, welche zuerst als Festausgabe und in einer weiteren stärkeren Auflage mit einem Verzeichniss seiner zahlreichen Schriften erschienen ist. Bemerkenswerth sind unter diesen die sehr interessanten Reden und Aufsätze vermischten Inhalts. Es wird auch die Darwin'sche Lehre besprochen, welche Bär als eine geistreiche Hypothese betrachtet, die in hohem Grade beachtenswerth. Der Gedanke, dass die verschiedenen Lebensformen aus einander hervorgegangen, liege viel näher, als dass alle einzelnen Formen besonders geworden seien. Das gelte aber nur innerhalb gewisser Gränzen. Er

unterzieht Darwin's Lehre einer eingehenden Kritik, warum der Act einer ersten Zeugung oder Schöpfung, der doch angenommen werden müsse, sich nicht habe wiederholen können, ob die Forderung unendlich langer Zeiträume für die verlangten Umwandlungen allgemein eine berechtigte sei, dass Beispiele genug vorliegen, wie ein Wechsel lokaler Verhältnisse keine Formverschiedenheit bei Thieren hervorgebracht habe, ausser dass sie verkümmert seien u. s. w. Insbesondere tritt er der Ansicht Darwin's entgegen, die ganze Geschichte der Organismen nur als einen Erfolg materieller Einwirkungen und nicht als eine Entwicklung zu betrachten und zwar als eine zielstrebige, denn die Nachkommen sollen die Organisation der Erzeuger erreichen. Ueberall spricht er einfach und klar und theilt die Ansichten der berühmtesten Forscher über den Gegenstand mit; die ganze Abhandlung bekundet die grosse Vielseitigkeit des Mannes, dessen Thätigkeit sich denn auch wohlverdienten Ruhm erworben, wie ihm sein edler Charakter allgemeine Verehrung zugewendet hat.

---

## Johann Christian Poggendorff.

Geb. 1796 am 29. Dec. zu Hamburg.
Gest. 1877 am 24. Jan. zu Berlin.

Poggendorff erhielt seine erste Bildung auf dem Johanneum zu Hamburg und in einer Erziehungsanstalt des Etatsrath's Fiedler zu Schiffbeck. Er bestimmte sich anfangs für die Pharmacie und arbeitete darin von 1812—20, dann studirte er zu Berlin die physikalischen Wissenschaften. Im Jahre 1821 erschien von ihm in der Isis von Oken seine erste wissenschaftliche Abhandlung „Ueber den Magnetismus der Volta'schen Säule", worin er fast gleichzeitig mit Schweigger die Principien des Multiplicators entwickelte. Diese Entdeckung, welche durch Oersted's Beobachtung

über die Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom veranlasst worden war, machte erst das Erkennen schwacher galvanischer Ströme möglich. Im Jahre 1824 übernahm er als Nachfolger Gilbert's die Redaction der Annalen der Physik und Chemie und hat das ausgezeichnete Journal bis zu seinem Tode fortgeführt. Er begründete auch mit Liebig und Wöhler 1842 das Handbuch der reinen und angewandten Chemie, welches später Kolbe und Fehling redigirt haben.

Poggendorff's zahlreiche Arbeiten betreffen fast alle Theile der Physik und auch das Gebiet der Chemie und namentlich durch seine galvanischen Untersuchungen wurden neue Bahnen für die Experimentalforschung eröffnet. Das von ihm erfundene Instrument zum Messen kleiner Winkel der magnetischen Abweichung, wobei er den nach ihm benannten Spiegel anwendete, ist von Gauss einige Jahre später unter dem Namen Magnetometer benützt und ist damit eine Reform der Mehrzahl der Messinstrumente herbeigeführt worden.

Sehr schätzbar sind seine Zusammenstellungen und Berechnungen der Resultate chemischer Analysen, über die Atomgewichte der Elemente und ihrer binären Verbindungen, über die Leistungen der Volumtheorie und über die Relationen ternärer Verbindungen etc. Er schrieb über electrothermische Zersetzungen und eudiometrische Methoden, über Lichtpolarisation etc.

Seine Gedächtnissrede auf Th. J. Seebeck, 1839 in der Berliner Akademie gehalten, bekundet seine Bekanntschaft mit den Fortschritten der physischen Wissenschaften und ist reich an Bemerkungen über die betreffenden Entdeckungen. Im Jahre 1834 wurde er zum Dr. der Phil. in Berlin und 1844 zum Dr. der Medicin in Königsberg ernannt. An der Universität Berlin war er seit 1834 Pro-

fessor der Physik und wurde 1839 in die Akademie gewählt.

1853 hat er eine Schrift „Lebenslinien zur Geschichte der exacten Wissenschaften seit Wiederherstellung derselben" herausgegeben, welcher dann eine weitere Ausführung in seinem trefflichen Biographisch-literarischen Handwörterbuch 2 Thle. gefolgt ist.

---

## Wilhelm Friedrich Benedict Hofmeister.

**Geb. 1824 am 18. Mai zu Leipzig.**
**Gest. 1877 am 12. Jan. zu Lindenau bei Leipzig.**

Hofmeister hat nicht in regelmässigem Studiengange, wie sonst bei Gelehrten der Fall ist, seine Kenntnisse erworben und erweitert, seine erste Thätigkeit betraf die Musikalienhandlung Firma „Friedrich Hofmeister" in Leipzig, deren Mitbesitzer er war, aber seine Liebe zur Botanik und ein geniales Beobachtungstalent stellte ihn bald mit Auszeichnung in die Reihe der ersten Fachmänner. Besonders haben seine Arbeiten im Gebiete der Pflanzenphysiologie seit 1847 die Bewunderung der Botaniker erregt und wesentlich dazu beigetragen, gegenüber von Schleiden den Vorgang der Pflanzenbefruchtung zu erklären und festzustellen. Martius sagt von ihm: W. Hofmeister behandelt die ausserordentlich zarten, mühsam darzustellenden, und nur unter den stärksten Vergrösserungen wahrnehmbaren Objecte und ihre Entwicklung mit einer Feinheit, Sicherheit und Eleganz, die kaum ihres Gleichen haben. Zugleich beherrscht er mit seltener Gedankenklarheit und auf richtige, morphologische Grundsätze fussend, alle einschlägigen Thatsachen und verfolgt sie in verständiger Methode auf allen Stufen des Pflanzenreichs. Er hat daher immer auch jene Objecte taktvoll herausgegriffen, deren Erkenntniss als Schlüssel zu anderweitigen glücklichen Combinationen dienen kann. So

schliessen sich an die Forschungen über die Befruchtungen der Phanerogamen andere an über die Entwicklungsgeschichte und Fruchtbildung der höheren Kryptogamen und der Zapfenbäume. Auch anderweitige Resultate für die allgemeine Histologie und für die topographische Phytotomie hat man ihm zu danken."

Wegen dieser seiner wissenschaftlichen Verdienste wurde er 1863 als Professor der Botanik nach Heidelberg berufen, wo er bis zum Herbst 1872 blieb und dann an die Hochschule zu Tübingen übersiedelte. Er war Mitglied mehrerer gelehrten Gesellschaften und der Berliner Akademie seit 1874. Die holländische Gesellschaft der Wissenschaften hat ihm die grosse Boerhave-Medaille zuerkannt als ihr magnum praemium „de botanica bene merito."

# Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

---

*Von der k. ungarischen geologischen Anstalt in Budapest:*

Mittheilungen aus dem Jahrbuche. Bd. V. 1876. 8.

*Vom Verein für Landeskunde von Niederösterreich in Wien:*

Bericht über die niederösterreichische Landesirrenanstalt Ybbs, in Verbindung mit dem ärztlichen Jahresberichte pro 1872. 8.

*Von der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften in Zürich:*

Neue Denkschriften. Bd. XVII. 3. Dekade Bd. VII. 1876. 4.

*Vom geological Museum in Calcutta:*

a) Memoirs of the Geological Survey of India. Vol. IX. Part. 2. 1875. 4.
b) Records of the Geological Survey of India. Vol. IX. 1876. 4.

*Von der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Yokohama:*

Mittheilungen. Heft X. 1876. Fol.

*Von der Royal Astronomical Society in London:*

Monthly Notices. Vol. XXXVII. 1876. 8.

*Von der Société de géographie in Paris:*

Bulletin. Novembre 1876.

*Von der Académie des sciences, belles-lettres et arts in Lyon:*

Mémoires Classe des Sciences. Tom. 21. 1875. 76. 8.

*Von der Accademia delle scienze fisiche e matematiche in Neapel:*

a) Atti. Vol. VI 1875. 4.
b) Rendiconto. Anno XII. XIII. XIV. 1873—1875. 4.

*Von der Société Impériale des Naturalistes in Moskau:*

Nouveaux Mémoires. Tom. XIII. Livr. V. 1876. 4.

*Von der Société Royale des Sciences in Upsala:*

Bulletin météorologique. Vol. VII. Année 1875. 4.

*Von der Royal Institution of Great Britain in London:*

Proceedings. Vol. VII. 1873. 8.

*Von der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien:*

Jahrbücher. Neue Folge Bd. XI. Jahrgang 1874. 4.

*Von der k. k. Sternwarte in Wien:*

Annalen III. Folge. Band XXV. Jahrgang 1875. 8.

*Von der medizinischen Gesellschaft in Berlin:*

Verhandlungen aus den Jahren 1875/76. 8.

*Vom naturwissenschaftlichen Verein von Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald:*

Mittheilungen. Jahrgang VIII. Berlin 1876. 8.

*Vom naturwissenschaftlichen Verein in Hamburg:*

Uebersicht der Aemter-Vertheilung und wissenschaftlichen Thätigkeit des naturwissenschaftl. Vereins zu Hamburg. 1876. 4.

*Von der schwedischen Akademie der Wissenschaften in Stockholm:*

Astronomiska Jaktagelser. Bd. I. 1875. 4.

*Von der Medical and Chirurgical Society in London:*

Medico-chirurgical Transactions. II. Series. Vol. 41. 1876. 8.

*Von dem Observatorio in Madrid:*

a) Observaciones meteorológicas 1871—72 y 1872—73. 8.
b) Resumen de las observaciones meteorológicas 1871—72 y 1872—73. 8.
c) Anuario. Año 13. 14. 1873. 1876. 8.

*Von der Académie des sciences in Paris:*

Comptes rendus. Tom. 84. 4.

*Von der U. S. Coast Survey Office in Washington:*

Report of the Superintendent of the U. S. Coast Survey, showing the Progress of the Survey during the years 1869—1873. 1872—75. 4.

*Von der U. S. Geological Survey of the Territories in Washington:*

Report of the U. S. Geological Survey of the Territories. Vol. IX. X. 1876. 4.

*Vom Bureau of Navigation in Washington:*

The American Ephemeris and Nautical Almanac for the year 1879. 8.

*Vom Observatory in Cincinnati:*

Publications. I. Catalogue of new double stars. 1876. 8.

*Vom Jardin impérial de botanique in St. Petersburg:*

Acta horti Petropolitani. Tom. IV, 1. 2 et Suppl. ad Tom. III. 1876. 8.

*Von der schweizerischen geologischen Commission in Bern:*

Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lief. XIV. 1877. 4.

*Vom naturforschenden Verein in Brünn:*

Verhandlungen. XIV. Band. 1875. 8.

*Vom Verein zur Beförderung des Gartenbaues in den k. preussischen Staaten für Gärtnerei und Pflanzenkunde in Berlin:*

Monatsschrift. 19. Jahrgang. Januar-Dezember. 1876. 8.

*Von der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien:*

Jahrbuch. XXVI. Bd. 1876. 8.

*Von der Société de géographie in Paris:*

Bulletin. Décembre 1876. 8.

*Von der Reale Accademia delle scienze in Turin:*

Bolletino meteorologico ed astronomico. Anno IX. X. 1874 u. 1875. 4.

*Von der Société entomologique de Belgique in Brüssel:*

Annales. Tom. 19. Tasc. III. 1877. 8.

*Von der società Veneto-Trentina di scienze naturali in Padua:*

Atti. Vol. V. Anno 1876. 8.

*Von der Société d'agriculture et d'industrie agricole in Dijon:*

Journal d'agriculture de la Côte-d'or. Année 1876. 38 Vol. 8.

*Von der Académie Royale de médecine in Brüssel:*

Bulletin. Année 1877. Tom. XI. 1877. 8.

---

*Vom Herrn A. W. Volkmann in Halle:*

Zur Theorie der Intercostalmuskeln. 1876. 8.

*Vom Herrn R. Hoppe in Leipzig:*

Archiv für Mathematik und Physik. 60. Thl. 1876. 8.

*Vom Herrn O. Chwolson in St. Petersburg:*

Ueber einen von M. H. von Jacobi construirten Quecksilber-Rheostaten. 1876. 8.

*Vom Herrn Giovanni Omboni in Venedig:*

Di due antichi ghiacciaj che hanno lasciato le loro tracce nei sette comuni. 1876. 8.

*Vom Herrn E. J. Brill in Leyden:*

Pars supellectilis anatomicae, sive catalogus craniorum quae dicuntur nationalia. Collegit G. C. B. Suringar. 1876. 8.

*Vom Herrn Ernst Haeckel in Jena:*

Biologische Studien. Heft 2. Studien zur Gastraea-Theorie. 1877. 8.

*Vom Herrn L. Rütimeyer in Basel:*

Der Rigi — Berg, Thal und See. 1877. 4.

*Vom Herrn Rudolf Wolf in Zürich:*

Astronomische Mittheilungen XLI. 1876. 8.

*Vom Herrn Gerhard Rohlfs in Weimar:*

Die Bedeutung Tripolitaniens an sich und als Ausgangspunkt für Entdeckungsreisende. 1877. 8.

*Vom Herrn Gerhard vom Rath in Berlin:*

a) Ueber grosse Enstatit-Krystalle von Kjörrestad im Kirchspiel Bamle, südliches Norwegen. Berlin 1876. 8.
b) Mineralogische Mittheilungen. Leipzig 1877.

*Vom Herrn Charles Grad in Türkheim (Elsass):*

Observations sur la température des mers de France. Nantes 1875. 8.

*Vom Herrn R. Angus Smith in Edinburgh:*

Chemical and physical Researches by Thomas Graham. 1876. 8.

*Vom Herrn George J. Brush in New-York:*

Manual of determinative Mineralogy. 1875. 8.

*Vom Herrn Eduard Regel in St. Petersburg:*

a) Flora Turkestanica. Tom. I. 1876. 4.
b) Cycladearum generum specierumque revisio. 1876. 8.
c) Generis Evononymi species floram Rossicam incolentes. 1876. 8.
d) Gartenflora. Jan. 1877. Stuttgart 8.

*Vom Herrn C. Bruhns in Leipzig:*

Resultate aus den meteorologischen Beobachtungen, angestellt an 24 k. sächsischen Stationen in den Jahren 1872 u. 1873. 9. u. 10. Jahrgang. 1877. 4.

*Vom Herrn Herrmann Kolbe in Leipzig:*

Journal für praktische Chemie, neue Folge. Bd. 15. 1877. 8.

*Vom Herrn J. A. J. B. Garibaldi in Genf:*

Uu nouveau signe de la mort réelle. Paris 1877. 8.

*Vom Herrn Wenzel Gruber in St. Petersburg:*

Monographie über das Corpusculum triticeum. 1876. 4.

*Von den Herren Canestrini e G. Fedrizzi in Venedig:*

La manna degli apicoltori. 1877.

*Vom Herrn Francesco Orsoni in Noto:*

a) Note scientifiche. 1873. 8.
b) Lucubrazioni scientifiche 1873.

*Vom Herrn P. de Tschihatschef in Florenz:*

La Végétation du Globe. Tom. II. Paris 1877. 8.

*Vom Herrn Thomas Belt in London:*

a) The Drift of Devon and Cornwall, 1876. 8.
b) The Steppes of Siberia, 1874. 8.
c) On the Loess of the Rhine and the Danube. 1877. 8.
d) Geological Age of the Deposits taining flint implements at Horne. 1876. 8.

# Sitzungsberichte

der

# königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Sitzung vom 5. Mai 1877.

## Mathematisch-physikalische Classe.

Herr Zittel berichtet:

„Ueber den Fund eines Skeletes von Archaeopteryx im lithographischen Schiefer von Solenhofen".

Im Jahre 1861 wurden die geologischen und zoologischen Kreise durch den Fund eines befiederten Thieres aus dem lithographischen Schiefer von Solenhofen in eine gewisse Aufregung versetzt. Prof. A. Wagner erklärte das langgeschwänzte Skelet auf Grund einer von Dr. Oppel hergestellten Skizze für ein Reptil und legte demselben den Namen Gryphosaurus bei. Die genaue Untersuchung des in den Besitz des Britischen Museums übergegangenen Exemplars führte indess Sir Rich. Owen zu dem Resultat, dass das Skelet von einem ächten Vogel (Archaeopteryx) herrühre, welcher allerdings durch den langen, beiderseits mit Federn besetzten Schwanz von allen übrigen Vögeln abweiche. Mit Ausnahme einer Feder, von welcher

die Hauptplatte im Münchener, die Gegenplatte im Berliner Museum liegen, hat sich innerhalb 17 Jahren keine weitere Spur von Archaeopteryx gezeigt.

In diesem Frühjahre nun ist es dem Entdecker des ersten Skeletes, Herrn Häberlein in Pappenheim, geglückt ein zweites Exemplar aufzufinden. Dasselbe liegt in einer dünnen Platte lithographischen Schiefers und scheint, soweit sich nach den die Lage der einzelnen Knochen andeutenden Erhöhungen auf beiden Seiten der Platte schliessen lässt, ziemlich vollständig zur Ablagerung gelangt zu sein. In den Dimensionen steht das neue Skelet dem früheren um ein geringes nach. Die Platte ist in zwei Stücke zerbrochen. Das kleinere enthält den Schwanz und Theile der Hinterfüsse; alles übrige liegt in der Hauptplatte unter einer ziemlich harten, wenn auch dünnen Gesteinsdecke verhüllt. Es ist Herrn Häberlein übrigens gelungen ein etwa handbreites Stück, in welchem sich gerade der hintere Theil des Schwanzes befindet, frei zu legen und hier sieht man die Federn zu beiden Seiten der verlängerten Schwanzwirbel in untadeliger Schönheit erhalten. Das Ausarbeiten des übrigen Skeletes wird, wenn es die Beschaffenheit der Knochen und des Gesteins überhaupt gestatten sollten, eine sehr geschickte und kundige Hand bedürfen.

Herr L. Seidel sprach:

„Ueber eine einfache Entstehungsweise der Bernoulli'schen Zahlen und einiger verwandten Reihen".

1.

*(Worterklärung.)* Wenn zu einer Grössenreihe a, b, c, d, . . . . von unbestimmter Ausdehnung die Differenzen gebildet werden

$$\Delta b = b - a$$
$$\Delta c = c - b$$
$$\Delta d = d - c$$
etc.

darauf aus diesen die zweiten Differenzen

$$\Delta^2 c = \Delta c - \Delta b$$
$$\Delta^2 d = \Delta d - \Delta c$$
etc.

ferner die dritten

$$\Delta^3 d = \Delta^2 d - \Delta^2 c$$
etc.

und so fort, sodass das nur nach links und nach oben begrenzte Differenzen-Tableau entsteht:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | | | | | | | |
| | $\Delta b$ | | | | | | |
| b | | $\Delta^2 c$ | | | | | |
| | $\Delta c$ | | $\Delta^3 d$ | | | | |
| c | | $\Delta^2 d$ | | $\Delta^4 e$ | | | |
| | $\Delta d$ | | $\Delta^3 e$ | | $\Delta^5 f$ | | |
| d | | $d^2 e$ | | $\Delta^4 f$ | | ... | |
| | $\Delta e$ | | $\Delta^3 f$ | | ... | | ... |
| e | | $d^2 f$ | | ... | | ... | |
| | $\Delta f$ | | ... | | ... | | |
| f | | ... | | ... | | | |
| | ... | | ... | | | | |
| ... | | ... | | | | | |
| | ... | | | | | | |
| ... | | | | | | | |

so soll im Folgenden die Grössen-Folge a, b, c, d, . . . . die Stammreihe und die Grössenfolge a, $\Delta b$, $\Delta^2 c$, $\Delta^3 d$, . . . . welche die andere Begrenzung des Tableau's bildet, die Terminal-Reihe der Kürze halber genannt werden [1]).

Alsdann findet folgender Satz statt, in welchem sich wahrscheinlich die einfachste Genesis der Bernoulli'schen Zahlen ausspricht:

Beginnt man die Tabelle mit der Zahl $a = V_0 = 1$ und setzt sie durch weitere Grössen $b = V_1$, $c = V_2$ etc. nach der Vorschrift fort, dass vom 3ten Gliede an Stammreihe und Terminalreihe durchaus übereinstimmen, so wird

$$\text{I)} \qquad \begin{array}{ll} V_1 = \frac{1}{2} & V_2 = \quad B_1 = \frac{1}{6} \\ V_3 = 0 & V_4 = -B_2 = -\frac{1}{30} \\ V_5 = 0 & V_6 = +B_3 = \frac{1}{42} \\ V_7 = 0 & V_8 = -B_4 = -\frac{1}{30} \\ \text{etc.} & \text{etc.} \end{array}$$

---

1) Nach einer an sich gleich berechtigten und wohl etwas häufiger gebrauchten Schreibweise würden die Glieder unsrer Terminal-Reihe mit a, $\Delta a$, $\Delta^2 a$, etc. zu benennen sein. Für das Folgende ist aber die hier angewandte Bezeichnung entschieden bequemer, weil es hier wichtiger

wobei die Grössen B die Bernoulli'schen Zahlen sind, und wo allgemein $V_r$ der Coefficient ist des Gliedes erster Ordnung in der ganzen Function $(r+1)^{ten}$ Grades von m, welche (für ganze Zahlen m) gleich ist der Summe $0^r + 1^r + 2^r + \ldots + m^r$.

Abgekürzt kann man den Satz so fassen:

Die Reihe der Bernoulli'schen Zahlen ist zum Anfangsgliede 1 diejenige Fortsetzung, welche vom dritten Gliede an sich selbst zur Terminalreihe hat.

Schon b muss den besonderen Werth $V_1 = \frac{1}{2}$ haben, damit (bei $a = 1$) $c = \Delta^2 c$ werden kann; ebenso muss dann c selbst den bestimmten Werth $\frac{1}{6}$ erhalten, damit $d = \Delta^3 d$ wird, u. s. w., sodass, wenn man Einmal $a = 1$ an die Spitze gestellt hat, alles weitere mit Nothwendigkeit bestimmt ist. (In einer Reihe auch schon $b = \Delta b$ zu machen neben $c = \Delta^2 c$, $d = \Delta^3 d$ etc. ist unmöglich, wenn sie nicht aus lauter Nullen bestehen soll.)

Wenn man die in unserm obigen Tableau schief aufsteigende Zahlenreihe, welche mit correspondirenden Gliedern der Stamm- und Terminalreihe, wie b und $\Delta b$, c und $\Delta^2 c$, d und $\Delta^3 d$ ... endigt, der Kürze halber eine Zeile der Differenzentafel nennt, so ist die Differenz zwischen beliebigen zwei Gliedern einer Zeile immer gleich der Summe der zwischenstehenden Glieder in der vorangehenden, d. h. wenn g, h aufeinanderfolgende Glieder der Stammreihe sind und $s > r$ so hat man

$$\overset{r}{\Delta} g + \overset{r+1}{\Delta} g + \ldots + \overset{s-1}{\Delta} g = \overset{r}{\Delta} h - \overset{s}{\Delta} h$$

wie sich durch Summation der Definitionsgleichungen

---

ist, das veränderliche letzte als das meist constante erste Glied sogleich erkennen zu lassen, welches bei der Bildung irgend einer Differenz contribuirt hat.

$$\begin{aligned}
\Delta^{r} h - \Delta^{r} g &= \Delta^{r+1} h \\
\Delta^{r+1} h - \Delta^{r+1} g &= \Delta^{r+2} h \\
\ldots\ldots & \ldots\ldots \\
\Delta^{s-1} h - \Delta^{s-1} g &= \Delta^{s} h
\end{aligned}$$

sofort ergibt. Daraus folgt, dass, wenn die beiden extremen Glieder einer Zeile unserm Postulate gemäss einander gleich sein sollen, die Summe der Glieder der vorangehenden Zeile, in unserm Falle sonach jeder einzelnen Zeile von der zweiten an, gleich Null sein muss. Hieraus kann man sich eine Regel entnehmen, um die Tafel mit den Bernoulli'schen Zahlen successive zu erweitern. Gesetzt sie liegt mit allen Differenzen bereits ausgefüllt vor bis zu den Grössen

$$V_{2p} = (-1)^{p+1} B_p \text{ und } V_{2p+1} = 0$$

einschliesslich, und $V_{2p+2}$ wird gesucht, so beginne man provisorisch eine neue Zeile nach Belieben auf der Seite der Stammreihe oder der Terminalreihe mit 0, und fülle demgemäss diese Zeile aus; die Anzahl ihrer Glieder ist $2p + 3$, die Summe derselben finde sich $= \omega$. Alsdann muss man an die Stelle des provisorischen Werthes Null am Ende der Zeile setzen

$$V_{2p+2} = (-1)^p B_{p+1} = - \frac{\omega}{2p + 3}$$

wodurch offenbar jedes Glied der Zeile um eben diese Grösse verändert und also die Summe richtig auf Null gebracht wird.

(Eine Abkürzung dieser Vorschrift s. in § 2).

Der Beweis, dass die nach unserer Regel gefundenen Grössen V in der That die bekannten sind, ergibt sich aus Folgendem:

Wenn aus einer Anzahl $q+1$ von Grössen a, b, c, . . . . v, w, x alle Differenzen unseres Tableau's gebildet werden, so drückt sich bekanntlich die letzte derselben durch die Glieder der Stammreihe aus wie folgt:

$$\Delta^q x = x - \frac{q}{1} w + \frac{q(q-1)}{1 \cdot 2} v - \ldots \pm \frac{q(q-1)\ldots 2}{1 \cdot 2 \cdots (q-1)} b$$
$$\mp \frac{q(q-1)\ldots 1}{1 \cdot 2 \cdots q} a$$

Wenn also für a, b, c . . . x solche Zahlen $V_0$, $V_1$, .. $V_q$ genommen werden, welche (abgesehen von den zwei ersten Gliedern in der Reihe) allgemein machen $\Delta^q x = x$, so genügen diese Grössen der recurrirenden Gleichung

$$\text{II)} \quad 0 = \frac{q}{1} V_{q-1} - \frac{q(q-1)}{1 \cdot 2} V_{q-2} + \frac{q(q-1)(q-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} V_{q-3}$$
$$- \ldots \pm \frac{q(q-1)\ldots 2}{1 \cdot 2 \ldots (q-1)} V_1 \mp \frac{q(q-1)\ldots 1}{1 \cdot 2 \ldots q} V_0$$

aus welcher sie, nachdem $V_0 = 1$ gesetzt ist, in bekannter Weise gemäss den Gleichungen I. bestimmt sind.

Will man indess nicht schon als bekannt voraussetzen, dass die Bernoulli'schen Zahlen nebst zwischengesetzten Nullen es sind, die dieser recurrirenden Gleichung genügen (— etwa weil man zur Bestimmung jener Zahlen von der Gleichung nicht gleichzeitig für gerade und für ungerade q Gebrauch zu machen nöthig hat —), so wird die Bedeutung unserer V am Bequemsten durch folgenden allgemeinen Satz ermittelt:

*Wenn man hat*

$$\text{III)} \quad a + \frac{b}{1} y + \frac{c}{1 \cdot 2} y^2 + \frac{d}{1 \cdot 2 \cdot 3} y^3 + \ldots \text{ in inf.} = f(y)$$

*so ist zugleich*

$$\text{III*)} \quad a + \frac{\Delta b}{1} y + \frac{\Delta^2 c}{1 \cdot 2} y^2 + \frac{\Delta^3 d}{1 \cdot 2 \cdot 3} y^3 + \ldots \text{ in inf.} = f(y) e^{-y}$$

(Der Beweis ergibt sich aus der Multiplication der Reihen fy und $e^{-y}$ und aus dem obigen Ausdrucke der Differenzen durch die Glieder der Stammreihe von selbst.)

Da nun in unserem Falle die letztere Reihe von der ersteren nur um $-y$ verschieden ist, so bestimmt sich f durch die Gleichung

$$f(y)e^{-y} = f(y) - y$$

und indem man setzt $y = \vartheta i$ und für die a, b .. unsere V nimmt, so findet sich

$$\text{IV)} \quad \tfrac{1}{2}\vartheta \operatorname{colg} \tfrac{1}{2}\vartheta = V_0 - \frac{V_2}{1\cdot 2}\vartheta^2 + \frac{V_4}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}\vartheta^4 - \dots$$

$$= 1 - \frac{B_1}{1\cdot 2}\vartheta^2 - \frac{B_2}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}\vartheta^4 - \dots.$$

übereinstimmend mit der bekannten Bedeutung der Bernoulli'schen Zahlen für die Entwicklung dieser Functionen.

2.

Wenn man den Anfang der in Zahlen ausgefüllten Differenzen-Tafel vor sich hat (s. die Beilage 1), so erkennt man, ausser dem schon hervorgehobenen Gesetze, dass in jeder Zeile die Summe aller Glieder gleich Null ist, noch eine durchgehend symmetrische Stellung der Zahlen in jeder Zeile nach beiden Seiten ihrer Mitte, — in der Art, dass in den Zeilen von ungerader Gliederzahl (welche mit Bernoulli'schen Zahlen endigen) beiderseits des Mittelgliedes auch die Vorzeichen dieselben sind, während in den mit Nullen endigenden Zeilen von gerader Gliederzahl die Zeichen beiderseits entgegengesetzt sind und dadurch das Verschwinden der Summe bedingen.

Dass diese Symmetrie ein durch die ganze Tafel bestehendes Gesetz ist, erkennt man leicht durch vollständige Induction, welche von Einer Zeile, in der es erfüllt ist, zunächst auf

die folgende schliesst. Indem man sich die erste Hälfte der neuen Zeile aus ihrem Anfangsglied (in der Stammreihe) und aus den Gliedern der vorigen Zeile durch Subtraction abgeleitet denkt, die zweite Hälfte der neuen Zeile aber durch Addition aus ihrem mit dem Anfangsglied übereinstimmenden Terminalglied und den Gliedern der zweiten Hälfte der vorigen Zeile, so hat man vorwärts und rückwärts durchaus dieselben Zahlenpaare, nur nach Umständen mit entgegengesetzten Zeichen, zu vereinigen.

Offenbar muss hiernach in den Zeilen von ungerader Gliederzahl das Mittelglied entgegengesetzt gleich sein dem doppelten der Summe der ihm vorangehenden oder auch der ihm nachfolgenden Glieder, — wonach sich nunmehr, wenn die Differenzentafel bis einschliesslich zu den Zeilen mit $V_{2p}$ und mit $V_{2p+1} = 0$ ausgefüllt vorliegt, ein abgekürztes Verfahren zur Berechnung von $V_{2p+2}$ ergibt.

Man setzt (wie zuvor) an die Stelle dieser noch unbekannten Grösse in der Stamm- oder in der Terminalreihe provisorisch eine Null, füllt aber von da aus die neue Zeile nur bis einschliesslich zu ihrem Mittelgliede aus: findet man dieses $= \tau$ und die Summe der auf seiner Einen Seite stehenden Glieder $= \sigma$, so ist der richtige Werth

$$\text{V)} \qquad V_{2p+2} = -\frac{2\sigma + \tau}{2p+3} .$$

Diese auf der Symmetrie in den einzelnen Zeilen beruhende Abkürzung lässt sich aber ebensogut in den Formeln wie in der Zahlenrechnung verwerthen.

Nach dem schon in § 1 benutzten Satze über die Summe einer Reihe auf einander folgender Glieder einer Zeile ist der Complex derjenigen, welche vor dem Mittelgliede der mit der Bernoulli'schen Zahl $V_{2p}$ beginnenden Zeile stehen;

$$V_{2p} + \varDelta V_{2p} + \overset{2}{\varDelta} V_{2p} + \ldots + \overset{p-1}{\varDelta} V_{2p}$$

$$= V_{2p+1} - \overset{p}{\varDelta} V_{2p+1} = - \overset{p}{\varDelta} V_{2p+1}$$

(wenn p nicht $= 0$).

Dagegen ist das Mittelglied jener Zeile $= \overset{p}{\varDelta} V_{2p}$; man muss also haben

$$\overset{p}{\varDelta} V_{2p} = 2\, \overset{p}{\varDelta} V_{2p+1}$$

wie auch aus der Zahlentafel ersichtlich ist. Drückt man nun diese beiden Differenzen durch die Glieder der Stammreihe aus, so erhält man:

$$V_{2p} - \frac{p}{1} V_{2p-1} + \frac{p(p-1)}{1 \cdot 2} V_{2p-2} - \ldots$$

$$= 2 \left( V_{2p+1} - \frac{p}{1} V_{2p} + \frac{p(p-1)}{1 \cdot 2} V_{2p-1} - \ldots \right)$$

wo die Summen beiderseits durch das Verschwinden der Binominal-Coefficienten von selbst an gehöriger Stelle abbrechen; nämlich links hinter dem Gliede mit $V_p$ und rechts hinter demjenigen mit $V_{p+1}$. Setzt man voraus, dass p mindestens $= 2$ ist, so sind die V von ungeradem Index, welche in der Gleichung vorkommen, alle Null. Die Gleichung geht in diesem Falle in folgende Form über:

$$\text{VI)} \quad \frac{p+1}{1} V_{2p} (2p+1) + \frac{(p+1)p(p-1)}{1 \cdot 2 \cdot 3} V_{2p-2} (2p-1)$$

$$+ \frac{(p+1)p(p-1)(p-2)(p-3)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} V_{2p-4} (2p-3) + \ldots = 0$$

oder noch etwas eleganter, indem man setzt

$$\text{VII)} \quad Y_{2p} = (2p+1) V_{2p} = (-1)^{p+1} (2p+1) B_p$$

in die folgende:

$$\text{VIII)}\qquad \frac{p+1}{1} Y_{2p} + \frac{(p+1)\,p\,(p-1)}{1 \cdot 2 \cdot 3} Y_{2p-2} + \frac{(p+1)\,p\,(p-1)\,(p-2)\,(p-3)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} Y_{2p-4} + \ldots = 0$$

Dies ist die vereinfachte recurrirende Gleichung für die Bernoulli'schen Zahlen, nach welcher jede neue Grösse dieser Art nicht durch die sämmtlichen ihr vorangehenden ausgedrückt erscheint (wie in der gewöhnlischen Formel), sondern auf wesentlich halb so viel Glieder reducirt ist. Denn je nachdem p gerad oder ungerad ist, endigt die Reihe mit $Y_p$ oder schon mit $Y_{p+1}$.

Der Fall ist vielleicht der erste von der Art, dass die Zurückführung einer neuen Grösse erfolgt auf eine Anzahl von vorausgehenden, die nicht fix ist, aber doch nicht bis an den Anfang zurückgeht.

Im Uebrigen ist unsere Gleichung auch noch desshalb bequemer als die gewöhnliche, weil die in ihr auftretenden Binomial-Coefficienten zu einer viel niedrigeren Potenz gehören, daher auf kleinere Zahlen führen[2]).

Sind z. B. bekannt die Werthe

$$V_2 = \frac{1}{6},\; V_4 = -\frac{1}{30},\; V_6 = +\frac{1}{42},\; V_8 = -\frac{1}{30},\; V_{10} = +\frac{5}{66}$$

---

2) von Staudt gibt in § 9 seiner Dissertation de numeris Bernoullianis (Erlangen 1845), welche auch den Beweis seines schönen Satzes über die Nenner derselben enthält, Formeln von wesentlich ebensoviel Gliedern wie oben für jedes neue B. In jeder derselben kommen aber dennoch alle vorausgehenden B, paarweise zu Producten verbunden, vor. Dem eben erwähnten Beweise selbst ist dort eine Darstellung von $B_r$ durch die Terminalglieder zur Stammreihe $0^{2r}, 1^{2r}, 2^{2r}, \ldots (2r)^{2r}$ zu Grunde gelegt. Auch die Verbindung, welche G. Bauer in Crelle — Borchardt's Journal., Bd. 58, mit Staudt ganz ähnlichen Ausgang nehmend, zwischen der harmonischen Reihe und der der Bernoulli'schen Zahlen nachgewiesen hat, ist aufs Engste verwandt mit der Beziehung zwischen Stamm- und Terminalreihe.

oder

$$Y_2 = \frac{1}{2}, \; Y_4 = -\frac{1}{6}, \; Y_6 = +\frac{1}{6}, \; Y_8 = -\frac{3}{10}, \; Y_{10} = +\frac{5}{6}$$

so erhält man für die sechste Bernoulli'sche Zahl:

$$7Y_{12} + 35Y_{10} + 21Y_8 + Y_6 = 0$$

oder

$$-7Y_{12} = \frac{875 - 189 + 5}{30} = \frac{691}{30}$$

daher

$$Y_{12} = -\frac{691}{210} = 13 \; V_{12}; \; B_6 = \frac{691}{2730}$$

Ebenso nunmehr für die siebente:

$$8Y_{14} + 56Y_{12} + 56Y_{10} + 8Y_8 = 0$$

$$Y_{14} = -7(Y_{12} + Y_{10}) - Y_8 = \frac{691 - 175 + 9}{30}$$

$$= \frac{35}{2} = 15 \; V_{14}; \; B_7 + \frac{7}{6}$$

u. s. w.

3.

Man gelangt ebenfalls zu den Bernoulli'schen Zahlen, zwar nicht völlig so direct, aber auf eine für die numerische Rechnung noch bequemere Weise, wenn man (abgesehen vom Anfang) die Glieder der Terminalreihe denjenigen der Stammreihe entgegengesetzt anordnet. Nur im Vorbeigehen mag der Fall erwähnt werden, wo man zu $a = 1$ schon $b = -\Delta b$, $c = -\Delta^2 c$, $d = -\Delta^3 d$ etc. postulirt; hier wird die Stammreihe

$$1, \; R_1 = \frac{1}{2}, \; 0, \; -R_3, \; 0, \; +R_5, \; 0, \; -R_7, \; \ldots$$

wobei die Grössen R die Bedeutung haben

$$\text{IX)} \qquad R_{2m-1} = \frac{1}{m}(2^{2m} - 1) B_m$$

$$\text{X)} \quad \operatorname{tg} \frac{1}{2} \vartheta = \frac{R_1}{1} \vartheta + \frac{R_3}{1 \cdot 2 \cdot 3} \vartheta^3 + \frac{R_5}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} \vartheta^5 + \ldots$$

Ihre Berechnung durch successive Ausfüllung des Differenzen-Tableau's würde sich zunächst auf das Princip gründen lassen, nach welchem die Differenz zwischen Stammglied und Terminalglied einer Zeile, hier also die Grösse $\pm 2R_{2m+1}$ immer gleich ist der Summe aller Glieder der vorangehenden Zeile; man würde aber alsbald auf eine sehr wirksame Vereinfachung des Algorithmus geführt werden durch die Wahrnehmung einer dem vorigen Falle durchaus analogen Symmetrie in der Stellung der Zahlen der einzelnen Zeilen, und durch den mit Hilfe dieser Symmetrie leicht zu erweisenden Umstand, dass auch hier das Mittelglied einer Zeile von ungerader Gliederzahl gleich ist dem doppelten des in der Differenzen-Tabelle gerade unter ihm stehenden Gliedes. Man erhält dabei, wie leicht einzusehen, bei den Zahlen der Tafel keine andern Nenner, als Potenzen von 2. Noch wesentlich bequemer, weil man nur mit g a n z e n  Z a h l e n zu rechnen hat, gestaltet sich aber die Sache, wenn man den Beginn der Reihe ein wenig ändert.

Macht man nämlich

$$a = 0 \ , \ b = 1$$

und setzt nun die Stammreihe so fort, dass

$$c = - \Delta^c \ , \ d = - \Delta^d , \ \ldots$$

wird, — so gestaltet sie sich wie folgt:

$$0 \ , \ 1 \ , \ + D_1 \ , \ 0 \ , \ - D_3 \ , \ 0 \ , \ + D_5 \ , \ldots$$

wobei man hat

XI) $$D_{2m-1} = 2(2^{2m} - 1)B_m$$

und

XII) $$\operatorname{tg}\frac{1}{2}\vartheta = \frac{D_1}{1\cdot 2}\vartheta + \frac{D_3}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}\vartheta^3 + \frac{D_5}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5\cdot 6}\vartheta^5 + \ldots$$

Bekanntlich sind die Grössen $2(2^{2m} - 1)B_m$ ungerade ganze Zahlen. Wenn man sich erlaubt dieselben (die übrigens noch mit $2^{2m} - 1$ gemeinschaftliche Factoren enthalten können, die sich dann bei der Bildung von $B_m$ aufheben) der Kürze halber die „Bernoulli'schen Zähler" zu nennen, so kann man sonach unsern Satz, in einer zwar abgekürzten aber der Erläuterung nicht bedürfenden Form, so aussprechen:

*Die Bernoulli'schen Zähler sind zu den Anfangsgliedern 0, 1 diejenige Fortsetzung, bei welcher alle ferneren Glieder der Stammreihe den entsprechenden der Terminalreihe entgegengesetzt werden.*

Denn nach dem allgemeinen Satze (s. oben Gl. III. und III*), wonach

$$fx\,e^{-x} = \left(a + \frac{bx}{1} + \frac{cx^2}{1\cdot 2} + \ldots\right)e^{-x} = a + \frac{\varDelta b}{1}x + \frac{\varDelta^2 c}{1\cdot 2}x^2 + \ldots$$

erhält man mit den oben angeführten unserem Falle entsprechenden Werthen a, b, c, . . . und den dazu gehörigen $\varDelta b$, $\varDelta^2 c$, . . . :

$$fx\,e^{-x} = 2x - fx$$

also

$$fx = \frac{2x}{1 + e^{-x}}$$

woraus sich Gl. XII. ergibt wenn man $x = \vartheta i$ setzt.

Denkt man sich nun, um von der 3ten Zeile an in Stamm- und Terminalreihe entgegengesetzte Glieder zu erhalten, den Anfang des Differenzen-Tableau's

$$\begin{array}{ccc} 0 & & \\ & & 1 \\ 1 & & \end{array}$$

zunächst (wie in dem letztbesprochnen Falle) auf die Weise fortgesetzt, dass man jede weitere Zeile in der Stammreihe mit der Hälfte der Gliedersumme der ihr vorangehenden Zeile beginnt, so tritt sofort in der so angelegten Tafel (s. Beilage 2) wieder die Symmetrie in den Zahlen einer Zeile hervor, — diesmal in der Weise, dass in den mit Null beginnenden und ebenso endigenden Zeilen von gerader Gliederzahl in gleichen Entfernungen von der Zeilenmitte beiderseits gleiche Zahlen stehen, während die mit $\pm$ D beginnenden und mit $\mp$ D endigenden Zeilen ungerader Nummer in der Mitte eine Null, und beiderseits derselben entgegengesetze Zahlen enthalten. Die allgemeine Giltigkeit dieser Regel wird (ganz wie in § 2) durch vollständige Induction sofort evident gemacht, indem man immer die erste Hälfte einer neuen Zeile aus der ersten Hälfte der vorangehenden und dem Stammgliede der neuen, die zweite Hälfte der letztern aber aus ihrem dem Stammgliede entgegengesetzten Terminalgliede und der zweiten Hälfte der vorangehenden sich berechnet denkt. Hiernach kennt man also in den Zeilen ungerader Nummer, welche mit $\pm$ D beginnen, mit $\mp$ D endigen müssen, ohne Weiteres das Mittelglied 0, von welchem aus man nunmehr diese Zeilen ganz leicht ausfüllt, während die Zeilen gerader Nummer, da sie mit 0 anfangen und schliessen, von dem Einen dieser Enden an ausgefüllt werden. Damit ist auch evident, dass die Tafel nur ganze Zahlen enthalten kann; und es wird unnöthig, bei der Rechnung, von den einzelnen Zeilen des Tableau's mehr als die Hälfte (einschliesslich des Mittelgliedes 0, wo ein solches vorhanden

ist) anzuschreiben. Man bemerkt weiter in den Zeilen-Hälften, auf welche hiernach die Betrachtung reducirt werden kann, dass alterirend ein Paar derselben nur positive, das nächste Paar nur negative Zahlen enthält, u. s. f.; und beweist leicht wieder durch vollständige Induction (mit Hilfe des Umstandes, dass die Zeilenhälften abwechselnd mit 0 beginnen und endigen) die Allgemeinheit auch dieses Gesetees, zufolge dessen alle D positiv ausfallen. Folge eben dieses Umstandes ist es weiter, dass, indem man die Ausfüllung der Halbzeilen stets auf der Seite beginnt, wo in ihnen die 0 steht, und also abwechselnd von links nach rechts und von rechts nach links rechnet (*βουστροφηδόν*) die absoluten Werthe der Zahlen beständig wachsen, indem niemals zwei mit ungleichem Vorzeichen zusammenzulegen sind. Für die numerische Rechnung kann man hiernach die Zahlentafel der Form einer Differenzen-Tabelle entkleiden, durchaus einfach die absoluten Werthe ansetzen, die zuvor von links nach rechts aufsteigende Zeile horizontal anordnen, und durch eine leichte Verschiebung derselben bewirken, dass überall die Zahlen gerade unter einander zu stehen kommen, welche man in der Rechnung zusammen zu addiren hat. Auf diese Art erhält man an Stelle der Hälfte unseres Differenzen-Tableau's zur leichten und ganz mechanischen Berechnung der Bernoulli'schen Zähler das treppenförmige Schema in Beilage 3 [3]), in welchem, abgesehen von den Nullen, mit welchen, abwechselnd links und rechts, die Zeilen beginnen, jede Zahl die Summe ist aus der neben ihr stehenden kleineren (oder gleichen) und der gerade über dieser letztern befindlichen Zahl. Fügt man die

---

3) In derjenigen Anordnung, welche für die Beilage gewählt wurde, sind, wenn man die Zeilen mit den vorderen Zeilenhälften in Beilage 2 vergleicht, links und rechts gegen einander umgetauscht.

Vorschrift hinzu, dass jede neue Zeile mit einer Null gerade unter der zuletzt angeschriebenen Zahl der vorausgehenden begonnen wird, und endlich, dass (in der von uns gewählten Anordnung) jede links mit 0 beginnende Zeile rechts mit einer Zahl über die vorangehende heraustritt (indem auch noch die Null der letztern zu der unter sie geschriebenen addirt, d. h. letztere Zahl repetirt wird), während die von rechts gegen links ausgefüllten Zeilen ihr Ende erreicht haben, sobald der Platz unter der 0 der vorangehenden Zeile ausgefüllt ist, — so hat man den Inbegriff der einfachen Vorschriften, nach welchen sich aus dem Anfange

$$\begin{array}{cc} 1 & \\ 0 & 1 \end{array}$$

das weitere Zahlengefüge von selbst ergiebt, — zu dessen fernerer Fortsetzung man jederzeit nur die letzte vollständige Zeile nöthig hat. Darin sind die rechts heraustretenden ungeraden Zahlen 1, 1, 3, 17, 155 etc. die Bernoulli'schen Zähler D, welche der Reihe nach mit $2\,(2^2-1)$, $2\,(2^4-1)$, $2\,(2^6-1)$, $2\,(2^8-1)$ etc. dividirt werden müssen, um die Bernoulli'schen Zahlen B ($\frac{1}{6}$, $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{42}$, $\frac{1}{30}$ etc.) zu geben [4]).

Die Nenner der Form $2\,(2^{2r}-1)$ können noch mit den zugehörigen Zählern D gemeinschaftliche Factoren enthalten, welche man a priori angeben kann, da nach Staudt der Nenner von $B_r$ in seiner einfachsten Gestalt bekannt ist, nämlich gleich dem doppelten Producte aller ungeraden Primzahlen $2d+1$, für welche $\frac{r}{d}$ eine ganze Zahl wird. Nennt man

4) Man kann noch im Schreiben des Tableau etwas dadurch kürzen, dass man die zwei ersten Zeilen ganz und von jeder folgenden die letzte Zahl zur Rechten weglässt. Nur müssen dann die rechts anfangenden Zeilen, statt mit Null, mit der Repetition der zuletzt vorher gebildeten Zahl begonnen werden.

dieses Product $\Pi(2d+1)$ so wird hienach

$$\frac{2^{2r}-1}{\Pi(2d+1)}$$

der gemeinschaftliche Factor sein im Zähler und Nenner des Ausdruckes

$$\frac{D_{2r-1}}{2(2^{2r}-1)} = B_r$$

Die Eigenschaft der Grössen D, in der Terminalreihe auf die entgegengesetzten Werthe zu führen, liefert eine recurrirende Gleichung, welche irgend ein D durch sämmtliche vorangehenden ausdrückt. An die Stelle derselben kann man aber die gekürzte Formel von wesentlich nur halb so vielen Gliedern und kleineren Zahlencoefficienten setzen, welche unserer Gl. VIII. für die B analog ist, und welche im gegenwärtigen Falle (noch etwas einfacher als dort) die Bedingung ausspricht, dass das mittelste oder $(r+1)$te Glied der mit $D_{2r-1}$ beginnenden Zeile im Differenzen-Tableau gleich Null ist. Unter Voraussetzung, dass r mindestens gleich zwei ist, erhält diese abgekürzte Formel die Gestalt:

$$\text{XIII)}\quad D_{2r-1} - \frac{r(r-1)}{1\cdot 2} D_{2r-3} + \frac{r(r-1)(r-2)(r-3)}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4} D_{2r-5} - \ldots = 0$$

(links soweit fortzusetzen bis die Binominal-Coefficienten von selbst verschwinden); während $D_1$, welches nicht aus dieser Gleichung sich ergibt, $= 1$ ist.

Sind z. B. schon bekannt

$D_1 = 1$ , $D_3 = 1$ , $D_5 = 3$ so erhält man

$$D_7 = 6D_5 - D_3 = 17$$

$$D_9 = 10D_7 - 5D_5 = 155$$

$$D_{11} = 15D_9 - 15D_7 + D_5 = 2073$$

$$D_{13} = 21\,D_{11} - 35\,D_9 + 7\,D_7 = 38227$$

u. s. w.

Hiernach ist zum Beispiel die 6 te Bernoulli'sche Zahl

$$B_6 = \frac{D_{11}}{2\,(2^{12} - 1)} = \frac{2073}{2 \cdot 63 \cdot 65} = \frac{691}{2730}$$

ebenso die 7 te

$$B_7 = \frac{D_{13}}{2\,(2^{14} - 1)} = \frac{38227}{2 \cdot 127 \cdot 129} = \frac{7}{6}$$

Da z. B. bei dieser letzten der kleinste Nenner 6 nach der Staudt'schen Regel sofort bekannt ist, so weiss man sogleich, dass $43 \cdot 127$ als Divisor in $D_{13}$ stecken muss.

Unter den Binomial-Coefficienten

$$\frac{r\,(r-1)}{1 \cdot 2},\ \frac{r\,(r-1)\,(r-2)\,(r-3)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4},\ \ldots$$

befindet sich nothwendig eine ungerade Anzahl solcher, welche ungerade Zahlen sind, — weil ihre Summe gleich ist

$$\frac{1}{2}\Big((1+1)^r + (1-1)^r\Big) - 1 = 2^{r-1} - 1.$$

Daraus folgt, dass $D_{2r-1}$ eine ungerade ganze Zahl sein muss, wenn sämmtliche vorangehenden D es sind; also, da schon $D_1$ ungerad ist, dass alle D es sein müssen. Diese bekannte Eigenschaft der Bernoulli'schen Zähler kann man in gleicher Weise durch vollständige Induction auch aus der Anordnung der Zahlen in unserem Treppen-Schema erweisen.

Der Vortheil, in der Rechnung nur mit ganzen Zahlen zu thun zu haben, ist so erheblich, dass für die numerische Berechnung der Grössen B es durchaus am bequemsten scheint, durch ihre Zähler D zu gehen, — sei es nun, dass man diese letztern aus dem Treppenschema oder aus der gekürzten recurrirenden Gleichung XIII. bildet. Von diesen

beiden Wegen selbst bietet der durch die Formel den Vortheil, dass man weniger Zahlen anzuschreiben hat, — indem nämlich in der Zahlentafel zur Berechnung eines neuen D immer zwei neue Zeilen ausgefüllt werden müssen. Dem steht jedoch zu Gunsten der letzteren Rechnungsweise gegenüber, dass sie weder Multiplicationen noch auch Subtractionen erfordert, sondern nur Additionen der allerbequemsten Art. Denkt man sich, dass etwa von späteren Grössen B oder D nur die wichtigsten Ziffern berechnet werden sollen, so kann man in dem Zahlenschema von irgend welcher Zeile an eine Kürzung durch Weglassen der Endziffern vornehmen, ohne dass sich ja begeben kann, dass durch gegenseitiges Aufheben in den vorangehenden Stellen diejenigen Ziffern, die man abgestrichen hat, in die vorderen und für die beabsichtigte Genauigkeit noch relevanten Plätze einrücken. Bei der Rechnung nach der Formel hat man, wegen der Zeichenwechsel, die sie enthält, diesen Vortheil nicht in gleicher Weise.

4.

Das Differenzen-Tableau für die „Secanten-Coefficienten" ist nicht minder bemerkenswerth, als dasjenige für die Bernoulli'schen Zahlen.

Schreibt man die Secantenreihe in der Form

$$\text{XIV)} \quad \operatorname{Sec}\vartheta = U_0 + \frac{U_2}{1\cdot 2}\vartheta^2 + \frac{U_4}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}\vartheta^4 + \ldots$$

so erhält man zwischen ihren Coefficienten U die recurrirende Gleichung

$$\text{XV)} \quad U_{2r} - \frac{2r(2r-1)}{1\cdot 2}U_{2r-2} + \frac{2r(2r-1)(2r-2)(2r-3)}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}U_{2r-4} - \ldots \pm U_0 = 0$$

und hat dazu

$$U_0 = 1$$

Der verschwindende Ausdruck in ersterer Gleichung ist aber nichts anderes, als $\pm$ das mit $\pm U_{2r}$ zu gleicher Zeile gehörige Glied $\Delta^{r} U_{2r}$ in der Terminalreihe zur Stammreihe

$$U_0 \; , \; 0 \; , \; - U_2 \; , \; 0 \; , \; + U_4 \; , \; 0 \; , \; - U_6 \; , \; . \; . \; .$$

Hat man also den Anfang des Differenzen-Tableau's gebildet

$$\begin{matrix} 1 & \\ & -1 \\ 0 & \end{matrix}$$

so setzt sich dasselbe zunächst in der Terminalreihe mit 0 fort: von da wird die dritte Zeile von rechts nach links ausgefüllt, wodurch man zu dem Gliede $- U_2 = - 1$ der Stammreihe kommt: das nächste Glied derselben ist 0 und von ihm aus wird die vierte Zeile ausgefüllt:

$$\begin{matrix} & 1 & & & & \\ & & -1 & & & \\ & 0 & & 0 & & \\ & & -1 & & +2 & \\ -1 & & & +2 & & \\ & & +1 & & & \\ & 0 & & & & \end{matrix}$$

Da nun das 5te Glied der Terminalreihe, aus den Gliedern $U_0 \, . \, . \, U_4$ der Stammreihe entspringend, nach unserer recurrirenden Gleichung wieder 0 sein muss, so wird von ihm aus abermals eine Zeile ausgefüllt, dann die folgende wieder von der 0 aus, welche in der Stammreihe in sechster Stelle zu stehen kommt, und so immer hin und her. Auch hier wird alles sogleich definitiv ausgefüllt, — man hat nur mit ganzen Zahlen und, wie sich nach dem Anfange sogleich als durchaus geltend ergibt, nur mit Additionen zu thun. (Siehe das Tableau in Beilage 4.) Da die Glie-

der $U_0$, $U_4$, $U_8$, . . der Stammreihe sich als positiv, die Glieder $-U_2$, $-U_6$, ... sich als negativ ergeben, was offenbar in derselben Art fortgeht, so sind die Grössen U selbst alle positiv

$$U_0 = 1 \ , \ U_2 = 1 \ , \ U_4 = 5 \ , \ U_6 = 61 \quad \text{u. s. w.}$$

Bei der Betrachtung der Tafel drängt sich hier sofort die Frage auf, welches die Bedeutung der Zahlen $+2$, $-16$, $+272$ etc. sein mag, welche in der Terminalreihe sich zwischen die Nullen einschieben. Zu ihrer Beantwortung dient am bequemsten wieder der schon benützte Satz über den Zusammenhang zwischen der functio generatrix der Stamm- und der Terminalreihe. In unserem Falle ist zu setzen:

$$\begin{aligned} a &= U_0 = 1 \\ b &= 0 \\ c &= -U_2 = -1 \\ d &= 0 \\ e &= +U_4 = +5 \\ f &= 0 \\ g &= -U_6 = -61 \\ &\text{etc.} \end{aligned}$$

und man hat, mit $y = \vartheta i$

$$f(y) = f(\vartheta i) = \sec\vartheta = \frac{2}{e^y + e^{-y}}$$

Bezeichnet man also die Glieder der Terminalreihe wie folgt:

$$\begin{aligned} \Delta b &= -\ \ 1 = -T_1 \\ \Delta^2 c &= 0 \\ \Delta^3 d &= +\ \ 2 = +T_3 \\ \Delta^4 e &= 0 \\ \Delta^5 f &= -\ 16 = -T_5 \\ \Delta^6 g &= 0 \\ \Delta^7 h &= +272 = +T_7 \\ &\text{etc.} \end{aligned}$$

so ergibt sich

$$2\,\frac{e^{-y}}{e^{y}+e^{-y}} = 1 - \frac{T_1}{1}\,y + \frac{T_3}{1\cdot 2\cdot 3}\,y^3 - \ldots$$

und wenn man wieder $\vartheta$ einführt:

$$\text{XVI)}\qquad \operatorname{tg}\vartheta = \frac{T_1}{1}\,\vartheta + \frac{T_3}{1\cdot 2\cdot 3}\,\vartheta^3 + \frac{T_5}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5}\,\vartheta^5 + \ldots$$

Es sind also die in unsrer Terminalreihe auftretenden Zahlen in demselben Summe Tangenten-Coefficienten, in welchen die Grössen U der Stammreihe Secanten-Coefficienten sind, — und beide zugleich lassen sich arithmetisch so definiren:

*Wenn man eine mit 1 beginnende Stammreihe so fortsetzt, dass sie selbst an der 2ten, 4ten, 6ten etc., die zugehörige Terminalreihe aber an der 3ten 5ten, 7ten etc. Stelle Nullen enthält, so sind die Glieder ungerader Ordnungszahl in der Stammreihe Secanten-Coefficienten, und diejenigen gerader Ordnungszahl in der Terminalreihe Tangenten-Coefficienten.*

Diese letztern führen wieder auf die Bernoulli'schen Zahlen zurück; nach der von uns gebrauchten Schreibweise hat man nämlich

$$\text{XVII)}\qquad T_{2r-1} = \frac{1}{r}\,2^{2r-2}\,D_{2r-1} = \frac{1}{r}\,2^{2r-1}\,(2^{2r}-1)\,B_r$$

woraus man erkennt, dass alle in r enthaltenen ungeraden Factoren in $D_{2r-1}$ aufgehen müssen (wie sich auch in anderer Weise leicht darthun lässt), — andrerseits aber, da die D ungerade ganze Zahlen sind, dass $T_{2r-1}$ eine Potenz von 2 als Factor enthält, deren Exponent um denjenigen der in r enthaltenen Potenz von 2 kleiner ist als $2(r-1)$.

Die Beziehung, dass, wenn die Coefficienten der Einen Art in der Stammreihe stehen, die der andern in der Ter-

minalreihe erscheinen, ist übrigens eine **reciproke**; denn aus dem Zusammenhange zwischen beiden Reihen ergibt sich auch folgender allgemeine Satz [5]).

*Wenn die Grössen $a$, $b$, $c$, $d$, . . . in der Stammreihe führen zu den Grössen $a$, $\Delta b$, $\Delta^2 c$, . . . in der Terminalreihe, so führen umgekehrt die Grössen $a$, $-\Delta b$, $+\Delta^2 c$, $-\Delta^3 d$, . . . in der Stammreihe zu den Grössen $a$, $-b$, $+c$, $-d$, . . . in der Terminalreihe.*

Daher führt in unserm Falle eine mit den Tangenten-Coefficienten gebildete Stammreihe

$$1\ ,\ T_1 = 1\ ,\ 0\ ,\ -T_3 = -2\ ,\ 0\ ,\ +T_5 = +16\ ,\ \text{etc.}$$

zu der Terminalreihe mit den Secanten-Coefficienten

$$U_0 = 1\ ,\ 0\ ,\ -U_2 = -1\ ,\ 0\ ,\ +U_4 = +5\ ,\ 0\ \text{etc.}$$

zurück, welche vorher die Stammreihe war.

Bei der vollkommen analogen Rolle, welche hiernach die Zahlen in den beiden Grenzreihen der Tafel spielen, erscheint es hier doppelt indicirt, analog wie bei den Grössen D, dem Rechnungsschema die Form eines Differenzen-Tableau's abzustreifen, die Zeilen, anstatt sie schräg aufsteigen zu lassen, horizontal zu ordnen, die Zahlen, die durchaus nur mit gleichen Zeichen zu verbinden sind, nur ihren absoluten Werthen nach anzuschreiben, und überall diejenigen gerade unter einander zu bringen, welche zusammen zu addiren sind.

Die Tafel nimmt dadurch für die Rechnung die Form des **doppelt treppenförmigen Schema's** in Beilage 5 an. Da dasselbe in durchaus ähnlicher Weise ausgefüllt und fortgesetzt wird, wie das Schema 3 für die Grössen D, vor welchem es sogar eine noch grössere Symmetrie nach beiden Seiten voraus hat, so genügt es, zu

---

5) In demselben spricht sich Eine von 5 Variationen aus, die man zu einem richtig ausgefüllten Differenzen-Tableau allemal durch Umstellung seiner Zahlenreihen ableiten kann.

sagen, dass, abgesehen von den Nullen, mit welchen alternirend links und rechts die Zeilen beginnen, und abgesehen von der 1 an der Spitze, aus welcher sozusagen Alles hervorgeht, auch hier jede Zahl der Tafel die Summe ist aus der neben ihr stehenden kleineren und der gerade über dieser befindlichen. Die über den Nullen heraustretenden Endzahlen der Zeilen sind bei unserer Anordnung links Secanten-, rechts Tangenten-Coefficienten.

Durch dieses Schema kann man also zugleich Secanten-Coefficienten und Bernoulli'sche Zahlen berechnen, erhält aber die letztern allerdings nicht allein mit den Factoren $2(2^{2r}-1)$, durch welche sie auf ungerade ganze Zahlen gebracht werden, sondern ausserdem noch mit Potenzen von 2 belastet. —

Auch in dem Schema 5 würde man, ähnlich wie zu 3 erwähnt, sich Kürzungen durch Abstreichen der letzten Ziffern erlauben dürfen, wenn nur die wichtigsten Stellen jedes Coefficienten gefordert werden, — da auch hier der Fall nicht vorkommen kann, dass in den Anfangsziffern ein gegenseitiges Aufheben Statt fände. — Uebrigens könnte man auch hier, zur Abkürzung im Schreiben, am Ende jeder Zeile die Wiederholung der letzten Zahl und am Anfang der nächstfolgenden die Null weglassen, wenn man dafür zur Regel machen würde, jede neue Zeile unter der letzten Zahl der vorangehenden mit der Repetition dieser letzteren zu beginnen.

---

Die Annahme wird kaum unberechtigt sein, dass die in den vorstehenden §§ aufgestellten Formeln und Rechnungs-Vorschriften für die Bernoulli'schen und die diesen verwandten Zahlen die einfachsten sind, welche man bis jetzt besitzt; namentlich möchte dies von den auf die halbe Zahl der Glieder reducirten recurrirenden Gleichungen für die

Bernoulli'schen Zahlen in § 2 VI.—VIII. und für ihre Zähler D in § 3. XIII, andererseits aber von dem Treppenschema zur Berechnung dieser letzteren (§ 3) und von dem doppelten für die Secanten- und Tangenten-Coefficienten (§ 4) gelten. Grösseres Interesse jedoch, als der Vortheil welcher hieraus für die Durchführung von Rechnungen oder Entwickelungen unter Umständen sich ergeben könnte, darf vielleicht der Nachweis in Anspruch nehmen, dass jene eigenthümlichen und in so verschiedenartigen Entwicklungen auftretenden Zahlen-Folgen nicht blos privilegirt sind durch ihre Rolle in der Analysis, sondern auch ausgezeichnet durch ihre arithmetische Natur selbst, vermöge deren sie sich in einfacher und doch charakteristischer Weise sozusagen von selbst aus den Grund-Elementen 1 und 0 aller Zahlenbetrachtung entfalten.

0

$+\frac{5}{66}$

$+\frac{5}{66}$ 0

$+\frac{5}{66}$

$+\frac{5}{33}$

## er Tangenten-Coefficienten T.

chen die Zeilen abwechselnd links und rechts
kleinern, und der gerade über der letztern

$$\frac{T_1}{1}\vartheta + \frac{T_3}{1\cdot 2\cdot 3}\vartheta^3 + \frac{T_5}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5}\vartheta^5 + \dots$$

$$_{\cdot 1} = \frac{1}{r}\, 2^{2r-2} D_{2r-1} = \frac{1}{r}\, 2^{2r-1} (2^{2r} - 1)\, B_r$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| = | $T_3$ | | | | |
| | 16 | = | $T_5$ | | |
| | 0 | | | | |
| ; | 272 | 272 | = $T_7$ | | |
| ł | 272 | 0 | | | |
| 0 | 7664 | 7936 | 7936 | = $T_9$ | |
| 36 | 15872 | 7936 | 0 | | |
| :48 | 329984 | 345856 | 353792 | 353792 | = $T_{11}$ |

## Beilage 2.

### Differenzen-Tableau der Bernoulli'schen Zähler

$$D_{2r-1} = 2(2^{2r} - 1)\, B_r$$

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | | | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | | | |
| | 1 | | − 1 | | | | | | | | |
| | | 0 | | 0 | | | | | | | |
| $D_1 =$ | 1 | | − 1 | | + 1 | | | | | | |
| | | − 1 | | + 1 | | 0 | | | | | |
| | 0 | | 0 | | + 1 | | − 3 | | | | |
| | | − 1 | | + 2 | | − 3 | | 0 | | | |
| $-D_3 = -$ | 1 | | + 2 | | − 2 | | − 3 | | + 17 | | |
| | | + 1 | | 0 | | − 6 | | + 17 | | 0 | |
| | 0 | | + 2 | | − 8 | | + 14 | | + 17 | | − 155 |
| | | + 3 | | − 8 | | + 8 | | + 34 | | − 155 | |
| $D_5 = +$ | 3 | | − 6 | | 0 | | + 48 | | − 138 | | |
| | | − 3 | | − 8 | | + 56 | | − 104 | | | |
| | 0 | | − 14 | | + 56 | | − 56 | | | | |
| | | − 17 | | + 48 | | 0 | | | | | |
| $-D_7 = -$ | 17 | | + 34 | | + 56 | | | | | | |
| | | + 17 | | + 104 | | | | | | | |
| | 0 | | + 138 | | | | | | | | |
| | | + 155 | | | | | | | | | |
| $D_9 = +$ | 155 | | | | | | | | | | |

$$\operatorname{tg.}\frac{1}{2}\vartheta = \frac{D_1}{1\cdot 2}\vartheta + \frac{D_3}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}\vartheta^3 + \dots$$

## Beilage 3.

# Treppen-Schema

### für die Berechnung der Bernoulli'schen Zähler

$$D_{2r-1} = 2(2^{2r} - 1) B_r$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} \vartheta = \frac{D_1}{1 \cdot 2} \vartheta + \frac{D_3}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \vartheta^3 + \ldots$$

Abgesehen von der Spitze 1 und von den Nullen, mit welchen alterirend links und rechts die Zeilen beginnen, ist jede Zahl der Tafel die Summe aus der neben ihr stehenden kleineren und der gerade über dieser befindlichen.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | |
| 0 | 1 | = $D_1$ | | | | | | |
| 1 | 0 | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | = $D_3$ | | | | | |
| 2 | 1 | 0 | | | | | | |
| 0 | 2 | 3 | 3 | = $D_5$ | | | | |
| 8 | 6 | 3 | 0 | | | | | |
| 0 | 8 | 14 | 17 | 17 | = $D_7$ | | | |
| 56 | 48 | 34 | 17 | 0 | | | | |
| 0 | 56 | 104 | 138 | 155 | 155 | = $D_9$ | | |
| 608 | 552 | 448 | 310 | 155 | 0 | | | |
| 0 | 608 | 1160 | 1608 | 1918 | 2073 | 2073 | = $D_{11}$ | |
| 9440 | 8832 | 7672 | 6064 | 4146 | 2073 | 0 | | |
| 0 | 9440 | 18272 | 25944 | 32008 | 36154 | 38227 | 38227 | = $D_{13}$ |

## **Beilage 4.**

### Differenzen-Tableau

**der Secanten-Coefficienten U.**

$$\mathrm{Sec}\,\vartheta = U_0 + \frac{U_2}{1\cdot 2}\vartheta^2 + \frac{U_4}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}\vartheta^4 + \ldots$$

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_0 =$ | 1 | | | | | | | | |
| | | − 1 | | | | | | | |
| | 0 | | 0 | | | | | | |
| | | − 1 | | + 2 | | | | | |
| $-U_2 =$ | − 1 | | + 2 | | 0 | | | | |
| | | + 1 | | + 2 | | − 16 | | | |
| | 0 | | + 4 | | − 16 | | 0 | | |
| | | + 5 | | − 14 | | − 16 | | + 272 | |
| $U_4 =$ | + 5 | | − 10 | | − 32 | | + 272 | | 0 |
| | | − 5 | | − 46 | | + 256 | | + 272 | |
| | 0 | | − 56 | | + 224 | | + 544 | | |
| | | − 61 | | + 178 | | + 800 | | | |
| $-U_6 =$ | − 61 | | + 122 | | + 1024 | | | | |
| | | + 61 | | + 1202 | | | | | |
| | 0 | | + 1324 | | | | | | |
| | | + 1385 | | | | | | | |
| $U_8 =$ | + 1385 | | | | | | | | |

Herr Wilhelm von Bezold legt vor:

„Die Theorie der stationären Strömung unter ganz allgemeinen Gesichtspunkten betrachtet".

Wenn man die von Kirchhoff [1]) gegebene Ableitung der Ohm'schen Gesetze aufmerksam betrachtet, so kann es kaum entgehen, dass dieselbe im Wesentlichen nicht nur für elektrische Ströme giltig ist, sondern dass sie mit kleinen Abänderungen gerade so gut auf andere Arten stationärer Ströme übertragbar ist.

Thatsächlich haben auch z. B. die Gesetze für den Durchgang der Wärme durch parallele Wände von geringer Dicke [2]) und grosser Flächenausdehnung genau dieselbe Form, wie die Ohm'schen. Das Gleiche gilt von den Formeln, welche die Luftmengen angeben, die bei einseitigem Ueberdrucke durch poröse Wandungen hindurch gepresst werden [3]) nur mit dem Unterschiede, dass an die Stelle der im Ohm'schen Gesetze vorkommenden elektromotorischen Kräfte (d. i. Spannungsdifferenzen) in dem einen Falle Temperatur- in dem andern Druckdifferenzen treten.

Auch das in den Lehrbüchern viel benutzte Gleichniss, bei welchem man statt des galvanischen Stromes einen

---

1) Poggdff. Ann. LXXVIII. S. 506 ff.

2) Péclet. Traité de la Chaleur 3me ed. tom. I. p. 408 ff.

3) C. Lang in Ztschft. f. Biologie. Bd. XI. S. 323.

Wasserstrom betrachtet, lässt sich viel weiter verfolgen, als man im ersten Augenblicke glauben möchte. So kann man z. B. verschiedene Eigenthümlichkeiten der galvanischen Kette trefflich versinnlichen, wenn man sich an Stelle der Elemente Pumpwerke gesetzt denkt, welche Wasser um bestimmte Höhen heben, während Röhren von dem oberen Ende einer jeden Pumpe zu dem unteren der nächstfolgenden führen und so bei Thätigkeit der Pumpen einen geschlossenen Strom ermöglichen. Entnähme die erste der Pumpen ihr Wasser einem grossen Reservoir z. B. einem See, während die letzte das gehobene Wasser in ein eben solches Reservoir entleerte, so hätte man bei fortgesetzter Wirksamkeit der Pumpen ebenfalls einen stationären Strom, gerade wie in einer Telegraphenleitung, deren Enden mit Erdplatten verbunden sind u. s. w.

Dieses Gleichniss liesse sich noch viel weiter ausspinnen ohne die Analogie zu verlieren.

Eine so weit gehende Uebereinstimmung ist nicht denkbar ohne tiefere innere Begründung und muss unwillkürlich auf den Gedanken führen, dass für beide Gruppen von Erscheinungen gleichartig gebaute Gesetze gelten müssen.

Es schien desshalb angezeigt, einmal den Versuch zu machen, ob es nicht möglich sei, ganz allgemeine Gesetze aufzustellen, welche für alle Arten stationärer Ströme gültig sind, und welche alsdann sowohl die Ohm'schen und Kirchhoff'schen Gesetze der Stromesleitung und Stromverzweigung als auch das Lenz-Joule'sche Gesetz der Erwärmung durch den Strom als specielle Fälle in sich schliessen müssten.

Einer solch' allgemeinen Untersuchung sollen die folgenden Zeilen und voraussichtlich noch einige spätere Mittheilungen gewidmet werden, da sich thatsächlich zeigen wird, dass eine Menge von Fragen der Mechanik, und zwar aus sehr verschiedenen Gebieten, eine Behandlung unter

diesem Gesichtspunkte gestatten. Wenn hier die Beispiele für die einzelnen Sätze zunächst der Lehre vom galvanischen Strome entnommen werden, so liegt der Grund darin, dass es besonders interessant schien, zu zeigen, dass verschiedene der dort längst bekannten und bewiesenen Sätze nicht sowohl in dem Wesen der Elektricität wurzeln, als vielmehr dem stationären Strome eigen sind, und dass sie den Grundanschauungen über dieses Wesen noch äusserst weiten Spielraum gewähren.

Um das Verständniss zu erleichtern, müssen jedoch vor Allem einige Definitionen gegeben, beziehungsweise in's Gedächtniss zurückgerufen werden.

## Definitionen und einleitende Bemerkungen.

Wenn ein System von Punkten sich in der Weise bewegt, dass an bestimmten, dem Systeme angehörigen Stellen, des Raumes jederzeit genau der nämliche Bewegungszustand herrscht, so nennt man die Bewegung an jenen Stellen „stationär“ und zwar wollen wir sie in diesem Falle als „einfach stationär“ bezeichnen.

Tritt eine solche Gleichheit des Bewegungszustandes nur innerhalb gewisser Perioden ein, so dass innerhalb jeder Periode sich dieselben Bewegungszustände in genau gleicher Weise wiederholen, so soll die Bewegung „periodisch stationär“ heissen.

Streng genommen ist eine einfach stationäre Bewegung nur denkbar bei continuirlicher Vertheilung der bewegten Massen; bei discontinuirlich vertheilten kann sie nur periodisch sein, aber diese Periode kann unendlich klein werden im Vergleiche mit den übrigen in Betracht kommenden Zeiten und man darf dann eine solche Bewegung mit demselben Rechte als einfach stationäre betrachten, mit welchem man z. B. einen schweren Körper als continuirlich mit Masse

erfüllt ansieht, obwohl man sich denselben aus Atomen zusammengesetzt denkt.

Der Allgemeinheit wegen soll im folgenden immer von Punkten die Rede sein, da die so durchgeführten Betrachtungen auch jenen Fall in sich schliessen, wo die Anzahl der in einem Raumstücke enthaltenen Punkte unendlich gross wird, ein Fall, den man, wie bemerkt, bei einfach stationärer Bewegung immer voraussetzen muss. Dabei sollen diese Punkte, wenn nicht ausdrücklich das Gegentheil bemerkt ist, immer als materielle Punkte d. h. als träge Massen aufgefasst werden, obwohl verschiedene der später aufzustellenden Sätze auch bei rein mathematischen Punkten gültig bleiben. Inwieferne sich die Sätze für die Bewegung träger Massen auf die Fortpflanzung blosser Zustände übertragen lassen, muss in jedem einzelnen Falle besonders entschieden werden[4]).

Bewegen sich durch eine Linie oder durch einen Complex stetig nebeneinander verlaufender Linien Punkte in der Art, dass durch jede Fläche, welche sämmtliche Linien schneidet, in gleichen Zeiten die gleiche Punktenzahl hindurch geht, so nennt man das Ganze einen stationären Strom. Der Strom ist **einfach stationär**, wenn diese Zeiten beliebig kurz gewählt werden können, **periodisch stationär**, wenn die Bedingung nur für bestimmte, aber gleich lange, Zeiträume erfüllt ist.

---

4) So kann man z. B. eine Schwingung, welche die Gesammtenergie $\frac{mv^2}{2}$ besitzt und sich mit der Geschwindigkeit c längs einer Geraden fortpflanzt in vielen Fällen durch eine Masse $M = \frac{mv^2}{c^2}$ ersetzt denken, welche sich mit der Geschwindigkeit c in derselben Graden bewegt. Die Möglichkeit eine grosse Zahl von optischen Erscheinungen mit Hülfe der Emanationstheorie zu erklären beruhte nur darauf, dass eine solche Vertauschung translatorischer Bewegung mit oscillatorischen innerhalb gewisser Grenzen zulässig war.

Beispiele eines einfach stationären Stromes bieten, abgesehen vom galvanischen Strome und von den Wärmeströmen, die Bewegungen in Wasser- und Gasleitungen oder in den Röhren einer Wasserheizung, oder die Bewegungen der Luft in Kaminen und Ventilationsanlagen, annäherungsweise auch die Bewegungen des Wassers in Flüssen und Canälen, das Ausströmen von Gasen und Dämpfen bei constantem Ueberdruck u. s. w.

Periodisch stationäre Ströme erhält man, wenn man z. B. in einen galvanischen Strom einen Selbstunterbrecher einschaltet, oder bei den gewöhnlichen Pumpen, beim hydraulischen Widder, bei der Dampfmaschine u. s. w.

Den Weg, welchen ein Punkt eines Stromes durchläuft, nennt man Stromlinie.

Eine Fläche, welche sämmtliche Stromlinien senkrecht schneidet[5]), heisst ein Querschnitt des Stromes.

Den Inbegriff aller durch ein Element eines Querschnitts gehenden Stromlinien nennt man einen Stromfaden.

Durchlaufen dieselben Punkte den nämlichen Querschnitt immer wieder, so nennt man den Strom in sich geschlossen.

Ein Strom kann in sich geschlossen sein, ohne dass die einzelnen Stromfäden in sich geschlossen sind.

Treten die Stromfäden an einzelnen Stellen auseinander, so dass sie nicht mehr mit einander in Berührung stehen, so heisst der Strom verzweigt.

Die Menge der Punkte, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt eines Stromes geht, dient als Maass für die „Stromintensität" oder „Stromstärke". Sie soll mit i bezeichnet werden.

---

5) Man kann nicht behaupten, dass immer eine solche Fläche existire; wo dies nicht der Fall ist, müssen eben besondere Untersuchungen darüber angestellt werden, ob die im folgenden zu gebenden Sätze noch anwendbar sind.

Beim einfach stationären Strom ist die Stromstärke constant, d. h. sowohl von der Zeit als auch von der Lage des betreffenden Querschnittes unabhängig.

Beim periodisch stationären Strome ist die „mittlere Stromintensität" constant. Bezeichnet man demnach diese mittlere Intensität durch J die Periode aber durch T, so muss für jeden Querschnitt und für jede Zeit t

$$J = \frac{1}{T}\int_{t}^{t+T} i dt$$

constant sein.

In dieser Mittheilung sollen nur einfach stationäre Ströme betrachtet werden.

Auch sollen die Entwickelungen zunächst auf Stromfäden beschränkt werden, deren Querschnitt so klein ist, dass man in allen Punkten eines solchen Querschnitts die Geschwindigkeit u. s. w. gleich annehmen darf.

Ist die eben genannte Bedingung auch für die Querschnitte eines ganzen Stromes erfüllt, so sind selbstverständlich die gewonnenen Sätze sofort auf den ganzen Strom übertragbar.

## Theorie der einfach stationären Strömung.

§ 1. Denkt man sich aus einem einfach stationären Strome einen Stromfaden herausgenommen, der an einer beliebigen Stelle den (unendlich kleinen) Querschnitt q hat und nennt man die Geschwindigkeit, mit welcher die Punkte durch diesen Querschnitt fliessen $v$, die Dichtigkeit der Punkte aber d. h. die Anzahl der in der Volumeneinheit enthaltenen Punkte oder eine ihr proportionale Grösse, also auch die in der Volumeneinheit enthaltene Masse, durch $\delta$, so ist

$$i = v q \delta \qquad [1]$$

Wenn nämlich die Punkte mit der Geschwindigkeit $v$ durch den Querschnitt fliessen, so füllen die während einer Zeiteinheit hindurchgegangenen ein Element des Stromfadens von der Basis q und von der Höhe $v$ und ihre Menge beziehungsweise die in dem Element enthaltene Masse ist alsdann $q v \delta$, diese Menge ist aber das Maass der Stromstärke.

$\delta$ soll die Massendichtigkeit oder die Dichtigkeit des strömenden Mediums heissen, nicht zu verwechseln mit der Stromdichte $\varrho$. Letztere wird gemessen durch die Menge der in der Zeiteinheit durch die Querschnittseinheit fliessenden Punkte und es ist demnach

$$\varrho = \frac{i}{q} \qquad [2]$$

Aus Gleichung [1] ergeben sich sofort zwei wichtige Folgerungen für zwei extreme Fälle.

Ist nämlich $\delta$ constant $= \delta^*$ so ist auch $\frac{i}{\delta^*}$ constant etwa $= \varkappa$, und demnach

$$v = \frac{i}{q\delta^*} = \frac{\varkappa}{q} \qquad [3]$$

d. h. die Geschwindigkeit ist in diesem Falle dem Querschnitt umgekehrt proportional, während die Stromesdichtigkeit

$$\varrho = \frac{i}{q} = v\delta^*$$

wird und mithin der Geschwindigkeit proportional ist.

Diesen Fall hat man bei incompressiblen Flüssigkeiten von constanter Temperatur vor sich.

Ist dagegen $q\delta$ constant d. h. rücken die Punkte in demselben Maasse aneinander, in welchem der Querschnitt abnimmt, so ist auch $v$ constant $= v^*$ und $\varrho = \delta v^*$ sagt in diesem Falle aus, dass die Stromesdichtigkeit der Dichtigkeit des strömenden Mediums proportional ist.

Es soll später gezeigt werden, dass man sich den galvanischen Strom von dieser Beschaffenheit zu denken hat.

§ 2. Wählt man nun einen Querschnitt als Ausgangspunkt und schneidet man von diesem anfangend im Sinne der Stromesrichtung eine Länge s von dem Stromfaden ab, so sind q und $v$ nur Functionen von s während i davon unabhängig, d. h. allenthalben constant ist.

Die Beschleunigung, welche die strömenden Punkte an einer gegebenen Stelle erfahren, ist sobald einmal der Strom stationär ist, und nur diesen Fall betrachten wir hier, eine Function von s.

Es gibt demnach für die accelerirenden Kräfte, d. h. für die im Sinne der Stromesrichtung wirkenden jedenfalls eine Kräftefunktion V, deren negativer Differentialquotient $-\frac{dV}{ds}$ die im Sinne der Stromesrichtung auf die Masseneinheit wirkende beschleunigende Kraft ist. Da man in allen Fällen, wo diese Kraft die Folge von Anziehungen oder Abstossungen ist, dieselbe den Massen proportional setzen muss, auf welche sie wirkt, so ist die Kraft, welche auf die in einem Stromelemente von der Länge ds enthaltenen Massen $q\delta ds$ wirkt $-q\, d\frac{dV}{ds}ds$ und mithin die Beschleunigung $\varphi$ im Sinne der Stromrichtung

$$\varphi = -\frac{q\,\delta\,ds\,\frac{dV}{ds}}{q\,\delta\,ds} = -\frac{dV}{ds}$$

Um die Gesammtbeschleunigung zu erhalten, muss man noch die im entgegengesetzten Sinne thätigen retardirenden Kräfte in Rechnung bringen. Bezeichnet man die durch sie hervorgebrachte Verzögerung ihrem absoluten Werthe nach durch $\xi$, so erhält man als Gesammtbeschleunigung

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{dV}{ds} - \xi. \qquad [4]$$

Hiebei empfiehlt es sich, den negativen Werth des Differentialquotienten als Beschleunigung anzusehen, weil bei Wirkung der Schwerkraft $V = gh$ wird, wo h die Höhe über der Erdoberfläche ist und man bei Wasserströmen die Richtung von oben nach unten als positive ansieht, während bei galvanischen Strömen V die Potentialfunction ist und auch dort im Sinne des sinkenden Werthes von V die Strömung erfolgt.

Die Betrachtungen in diesem Paragraphen sind so geführt, als ob das strömende Medium aus einzelnen freien Massenpunkten bestände. Sie sind jedoch auch dann noch gültig, wenn zwischen den Punkten dieses strömenden Systemes Kräfte thätig sind, soferne man nur unter $\frac{dV}{ds}$ und $\xi$ nicht nur die von aussen wirkenden, sondern die Summe dieser Kräfte und der aus den Verbindungen entspringenden versteht.

§ 3. Die Gleichung [4] soll nun zunächst verwerthet werden, um die von dem Strome geleistete Arbeit zu ermitteln.

Die Kraft, welche auf die im Stromelemente vom Querschnitt q und von der Länge ds befindliche Masse ausgeübt wird, ist

$$q\,\delta\,ds\,\frac{dv}{dt} = -\,q\,\delta\,\frac{dV}{ds}\,ds - q\,\delta\,\xi\,ds$$

Dem entsprechend erhält man die während der Zeiteinheit geleistete Arbeit durch Multiplication dieses Werthes mit $v$, d. h. mit dem Wege, durch welchen diese Kraft während der Zeiteinheit thätig ist.

Die Arbeit ist mithin:

$$v\,q\,\delta\,\frac{dv}{dt}\,ds = -\,v\,q\,\delta\,\frac{dV}{ds}\,ds - v\,q\,\delta\,\xi\,ds$$

oder wenn man berücksichtigt, dass $vq\delta = i$ und

$\frac{dv}{dt} = \xi \frac{dv}{ds} \frac{ds}{dt}$ ist:

$$iv \frac{dv}{ds} ds = - i \frac{dV}{ds} ds - i \xi ds.$$

Diese Arbeit stellt sich als Differenz der Arbeiten der accelerirenden und retardirenden Kräfte dar.

Von den drei hier stehenden Grössen bietet die letzte das meiste Interesse dar, d. h. es ist von besonderer Bedeutung, die Arbeit kennen zu lernen, welche auf einer bestimmten Strecke zur Ueberwindung der Widerstände zu leisten ist. Bezeichnet man diese Arbeit für das zwischen s' und s'' liegende Stromstück durch U, während die dem s' und s'' entsprechenden Werthe von V, $v$, q und $\delta$ ebenfalls durch die entsprechenden Indices charakterisirt werden sollen, so findet man

$$U = \int_{s'}^{s''} i \xi ds = i (V' - V'') - i \left( \frac{v''^2}{2} - \frac{v'^2}{2} \right)$$

oder

$$U = i \left( V' + \frac{v'^2}{2} \right) - i \left( V'' + \frac{v''^2}{2} \right), \qquad [5]$$

oder wenn man

$$i \left( V' + \frac{v'^2}{2} \right) = U' \text{ und } i \left( V'' + \frac{v''^2}{2} \right) = U'' \text{ setzt,}$$

$$U = U' - U''.$$

Hiebei ist aber iV' nichts anderes als die sogenannte potentielle, $i \frac{v'^2}{2}$ die actuelle Energie, ihre Summe demnach die Gesammtenergie.

Der Satz heisst demnach: die in der Zeiteinheit auf dem Stromstücke von der Länge s zur Ueberwindung der Widerstände verbrauchte Arbeit ist gleich dem Verluste an Ge-

sammtenergie, welchen die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt fliessende Masse auf dem Wege s erleidet.

Dieser Satz enthält natürlich nichts Neues in sich, sondern ist nach dem Gesetze der Erhaltung der Kraft selbstverständlich, trotzdem schien seine Ableitung auf diesem Wege wegen des Folgenden unerlässlich.

Unter Benutzung der Gleichung [1] geht diese Formel in die folgende über:

$$U = i\,(V' - V'') + \frac{i^3}{2}\left[\frac{1}{(q'\delta')^2} - \frac{1}{(q''\delta'')^2}\right]$$

oder auch

$$U = i\,(V' - V'') + \frac{i}{2}\left[\left(\frac{\varrho'}{\delta'}\right)^2 - \left(\frac{\varrho''}{\delta''}\right)^2\right]$$

Diese Formen gestatten besonders einfache Behandlung der beiden obenerwähnten extremen Fälle.

Ist nämlich $\delta$ constant, so ergibt sich

$$U = i\,(V' - V'') + \frac{i}{2\delta}\,(\varrho'^2 - \varrho''^2)$$

ist dagegen $q\,\delta$ oder, was das nämliche ist, $v$ constant, so wird:

$$U = i\,(V' - V'').$$

Sind die retardirenden Kräfte derartig beschaffen, dass die zu ihrer Ueberwindung erforderliche Arbeit nur in Wärme verwandelt wird, wie dies z. B. bei Reibungswiderständen der Fall ist, so erhält man die auf der betrachteten Strecke des Stromfadens entwickelte Wärme Q durch die Formel

$$Q = A\,U$$

wo A das calorische Aequivalent der Arbeit ist.

Unter Anwendung auf Elektricität ist alsdann Formel [5] nichts anderes als das Lenz-Joule'sche Gesetz.

Man kann demnach auch die Formel [5] als die auf alle Arten einfach stationärer Ströme anwendbare Erweiterung dieses Satzes betrachten.

§ 4. Wäre s die ganze Länge eines in sich geschlossenen Stromes und würde das Gesetz

$$\frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = -\frac{dV}{ds} - \xi$$

allenthalben die gleiche Form behalten und auch nirgends Unstetigkeiten vorkommen, welche eine Integration durch den ganzen Stromeskreis unzulässig erscheinen liessen, so wäre $v' = v''$ und $V' = V''$ und mithin auch

$$U = \int_{s'}^{s''} i\,\xi\,ds = 0$$

oder da $\xi$, so lange es unter die oben gegebene Definition fällt, sein Zeichen nicht wechseln kann:

$$\xi = 0.$$

Wenn demnach ein stationärer geschlossener Strom überhaupt möglich sein soll, so müssen entweder die Widerstände überall gleich 0 sein oder es müssen die Werthe von V Unstetigkeiten zeigen, oder es müssen an die Stelle von $\xi$ an einzelnen Strecken Ausdrücke mit entgegengesetztem Vorzeichen, d. h. noch andere accelerirende Kräfte als die durch $\frac{dV}{ds}$ ausgedrückten treten.

Dies lässt sich folgendermassen näher untersuchen:

Man theilt den ganzen Strom in 2n Stücke in der Art, dass auf den Strecken 1,3 . . . 2n — 1 die Gleichung [4] in der oben bezeichneten Weise gültig bleibt, während die Strecken 2, 4 . . 2n die Ausnahmsstellen enthalten sollen, wobei es aber durchaus nicht nöthig ist, dass all' diese Strecken mit geradem Index wirklich solche enthalten, sondern nur vorausgesetzt ist, dass auf den ungeradzahligen keinenfalls solche vorkommen.

Dann gelten jedenfalls die Gleichungen:

$$U_1 = U'_1 - U''_1 = i\left(V'_1 + \frac{v'^2_1}{2}\right) - i\left(V''_1 + \frac{v''^2_1}{2}\right)$$

$$U_3 = U'_3 - U''_3 = i\left(V'_3 + \frac{v'^2_3}{2}\right) - i\left(V''_3 + \frac{v''^2_3}{2}\right)$$

. . . . . . . . . . . . . . .

$$U_{2n-1} = U'_{2n-1} - U''_{2n-1} = i\left(V'_{2n-1} + \frac{v'^2_{2n-1}}{2}\right)$$

$$- i\left(V''_{2n-1} + \frac{v''^2_{2n-1}}{2}\right)$$

Addirt man alle diese Gleichungen, so erhält man:

$$\sum_1^n U_{2\nu-1} = \sum_1^n (U'_{2\nu+1} - U''_{2\nu-1}) \qquad [6]$$

wobei man nur zu beachten hat, dass für den geschlossenen Strom der Index $2n+1$ mit dem Index 1 identisch d. h.

$U'_{2n+1} = U'_1$ wird.

Dieser Satz lässt sich folgendermaassen aussprechen:

Nimmt man aus einem geschlossenen Strome beliebig viele Stücke heraus, welche jedoch sämmtlich der Bedingung genügen, dass auf ihnen die Totalenergie (immer bezogen auf die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt fliessende Masse) im Sinne der Stromesrichtung abnimmt, so erhält man den auf sämmtlichen Stücken in der Zeiteinheit erfolgenden Verlust an totaler Energie, indem man die Sprünge, welche diese Grösse beim Uebergang von einem Stücke zum nächstfolgenden erleidet, addirt. Dabei ist dieser Sprung, d. h. die Differenz positiv zu rechnen, wenn die Totalenergie im Anfangspunkte des im Sinne der Stromesrichtung nach-

folgenden Stückes grösser ist als am Ende des vorhergehenden.

Sind die widerstehenden Kräfte der Art, dass aller Aufwand von Energie zur Erzeugung von Wärme dient, so gibt diese Summe die auf den betreffenden Stromstücken entwickelte Wärme in mechanischem Maasse.

Da dieser Satz gültig bleibt, ohne irgend welche Rücksicht auf das Verhalten der zwischenliegenden, mit geradem Index behafteten Stücke, so umfasst er auch jenen Fall, wo diese Stücke unendlich kurz werden und der Trennungspunkt zweier aufeinander folgender Strecken mit ungeradem Index ein Discontinuitätspunkt wird.

Ist $v$ auf jedem der betrachteten Stromstücke **constant**, d. h. $v'_1 = v''_1$ u. s. w., so wird

$$\sum_1^n U_{2\nu-1} = i \sum_1^n (V'_{2\nu+1} - V''_{2\nu-1})$$

oder wenn man die zwischenliegenden Stücke vom Index $2\nu$ ganz ignorirt und fortlaufend zählt

$$\sum_1^n U_\mu = i \sum_1^n (V'_{\mu+1} - V''_\mu) = i \sum_1^n V_{\mu,\mu+1} \qquad [7]$$

und die Differenz

$$V'_{\mu+1} - V'_\mu = V_{\mu,\mu+1} \text{ setzt.}$$

Beim galvanischen Strome ist $V_{\mu,\mu+1}$ nichts anderes als die an der Berührungsstelle der Leiter $\mu$ und $\mu + 1$ herrschende elektromotorische Kraft oder

$$\sum_1^n U_\mu = i \Sigma E$$

und die im ganzen Schliessungsbogen entwickelte Wärmemenge ist demnach

$$\Sigma Q = A i \Sigma E \qquad [8]$$

ein Satz, der jedoch nur auf die metallischen Theile des Schliessungsbogens anwendbar ist, und auch hier nur nach

Ausschluss der Berührungsstellen verschiedener Metalle, d. h. ohne Berücksichtigung des Peltier'schen Phänomens.

Die Formel [6] wirft ein interessantes Licht auf Fälle, wo eine Querschnittsänderung eintritt:

Nimmt man nämlich ein Stromstück heraus, in welchem $q'' > q'$, so wird, wie oben bemerkt, bei einer incompressiblen Flüssigkeit $v' > v''$ und ist demnach in der Formel

$$U = i(V' - V'') + i\left(\frac{v'^2}{2} - \frac{v''^2}{2}\right)$$

welche den Aufwand an totaler Energie auf dem betrachteten Stücke darstellt, nicht nur die erste Differenz positiv, sondern auch die zweite.

Wenn hingegen $q' > q''$, so ist die zweite negativ. Würde man nun in den beiden Fällen Strecken von solcher Länge wählen, dass $V' - V''$ den gleichen Werth behielte, so würde das Gesammtresultat im ersteren Falle grösser werden als im zweiten.

Nimmt man an, dass der ganze Aufwand von Energie zu Wärmeentwickelung diene, so würden demnach bei einer incompressiblen oder nur schwach compressiblen Flüssigkeit die Uebergangsstellen von engerer zu weiterer Leitung eine grössere Wärmeabgabe zeigen als Stellen, an welchen die Leitung enger wird.

Da beim galvanischen Strome ein solcher Einfluss von Querschnittsänderungen nicht nachweisbar ist, so folgt wenigstens unter Grundelegung einer unitarischen Anschauung schon hieraus, dass man sich die Geschwindigkeit $v$, wenigstens in einem und demselben Materiale constant zu denken hat, im Gegensatze zu Edlund, der diese Geschwindigkeit dem Querschnitte umgekehrt proportional annimmt[6]. Wenn man von der binären Hypothese ausgeht, und dem

6) K. Swensk. Vetenskaps-Akadem. Handlingar. Bd. XII Nr. 8 § 6.

entsprechend den Strom als Doppelstrom betrachtet, kann dieses negative Resultat kein Kriterium abgeben.

§ 5. Nach dieser Betrachtung der Strecken mit ungeradem Index, d. h. jener Strecken, auf welchen das Gesetz

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{dV}{ds} - \xi$$

gültig ist, und $\xi$ ein bloser Widerstand, sollen nun auch die Strecken mit geradem Index betrachtet werden, von welchen schon vorhin bewiesen wurde, dass auf ihnen wenigstens theilweise andere Gesetze gelten müssen. Dabei soll jedoch zunächst vorausgesetzt werden, dass weder V noch $v$ Unstetigkeiten aufweise und demnach $U_2' = U_1''$, $U_2'' = U_3'$ u. s. w. sei.

Dann werden die auf den Strecken mit geradem Index eintretenden Energieverluste beziehungsweise Gewinne durch folgende Ausdrücke dargestellt werden

$$U_2 = U_2' - U_2'' = U_1'' - U_3'$$
$$U_4 = U_4 - U_4'' = U_3'' - U_5'$$
$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$
$$U_{2n} = U_{2n}' - U_{2n}'' = U_{2n-1}'' - U_1$$

Addirt man nun sowohl diese Gleichungen, sowie die unter [6] aufgeführten zusammen, so kommt:

$$\sum_1^n U_{2\nu-1} + \sum_1^n U_{2\nu} = 0. \qquad [9]$$

Da nun $\sum_1^n U_{2\nu-1}$ immer positiv ist, so muss $\sum_1^n U_{2\nu}$ jedenfalls negativ sein, d. h. es müssen unter den Grössen $U_{2\nu}$ jedenfalls welche vorkommen, die keinen Energieverlust, sondern einen Energiegewinn darstellen.

Theilt man den Strom in der Art, dass die Trennungsstellen der geradzahligen und ungeradzahligen Strecken mit den Maximal- und Minimalwerthen von U zusammenfallen,

so müssen selbstverständlich sämmtliche Werthe $U_{2\nu}$ negativ sein.

Für eine solche Strecke stellen sich nun die Verhältnisse folgendermaassen:

Unter allen Bedingungen bleibt die Gleichung bestehen:

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{dV}{ds} + \Xi \qquad [10]$$

wo $\Xi$ die Gesammt-Beschleunigung ist, welche die Masseneinheit von Kräften erleidet, die nicht bei der Bildung der Kräftefunktion V berücksichtigt wurden.

Multiplicirt man auf beiden Seiten mit ids und bringt man alsdann $-i\frac{dV}{ds}ds$ von der rechten auf die linke Seite, so bekommt man:

$$dU_{2\nu} = i\,\Xi\,ds$$

oder

$$U''_{2\nu} - U'_{2\nu} = i\int_{s'}^{s''} \Xi\,ds \qquad [11]$$

Da nun der Voraussetzung gemäss auf dem betrachteten Stücke ein Energiezuwachs eintritt, so ist diese Differenz positiv und muss demnach auch $\Xi$, wenigstens eine Strecke weit, positiv sein.

Mithin kann $\Xi$ keinenfalls auf dem ganzen Stücke eine aus blossen Widerständen entspringende negative Beschleunigung, d. h. Verzögerung sein.

Da jedoch auch auf diesen Stücken solche Widerstände nicht ausgeschlossen sind, so muss im Allgemeinen

$$\Xi = \eta - \xi$$

sein, wo $\eta$ die (positive) Beschleunigung ist, welche die Masseneinheit durch Kräfte erfährt, die aus der Kräftefunction V nicht ableitbar sind.

Der ganze Gewinn an Energie in einem solchen Stücke stellt sich also durch die Formel dar:

$$U''_{2\nu} - U'_{2\nu} = i\left(V''_{2\nu} - V'_{2\nu}\right) + i\left(\frac{v''^2_{2\nu}}{2} - \frac{v'^2_{2\nu}}{2}\right)$$

$$= i\int_{s'_{2\nu}}^{s''_{2\nu}} \eta_{2\nu}\,ds - i\int_{s'_{2\nu}}^{s''_{2\nu}} \xi_{2\nu}\,ds \qquad [12]$$

während die auf dem Stücke zu leistende Arbeit

$$L_{2\nu} = i\int_{s'_{2\nu}}^{s''_{2\nu}} \eta_{2\nu}\,ds = U''_{2\nu} - U'_{2\nu} + i\int_{s'_{2\nu}}^{s''_{2\nu}} \xi_{2\nu}\,ds \qquad [13]$$

ist.

Wird diese Arbeit durch Aufwand von Wärme geleistet, so muss die Wärmemenge $Q_{2\nu} = A\,L_{2\nu}$ verschwinden, wenn die widerstehenden Kräfte von zu leistender äusserer Arbeit herrühren. Hat jedoch die Verzögerung $\xi_{2\nu}$ ihren Grund in Kräften die nach Art eines Reibungswiderstandes wirken, so wird durch ihre Ueberwindung wieder Wärme erzeugt und die verschwindende Wärmemenge ist alsdann nur

$$Q_{2\nu} = A\,L_{2\nu} - Ai\int_{s'_{2\nu}}^{s''_{2\nu}} \xi_{2\nu}\,ds = A\,(U''_{2\nu} - U_{2\nu}). \qquad [14]$$

Um die Bedeutung der hier eingeführten Grössen anschaulicher zu machen, sei erwähnt, dass in dem Falle, wo man durch ein Pumpwerk und eine vom oberen Ende der Pumpe zum unteren geführte Rückleitung einen Flüssigkeitsstrom herstellen würde, die Pumpe selbst als Strecke von geradem Index also etwa als $s_2$ zu betrachten ist und dass in diesem Falle $i\int \eta_2 ds$ ausgedehnt durch die Höhe der

Pumpe, die ganze zu deren Betrieb einschliesslich der Reibungswiderstände erforderliche Arbeit repräsentiren würde, während sich das $\xi_2$ auf die Reibungswiderstände in der Pumpe bezöge.

So lange keine Unstetigkeiten in den Werthen von V und $v$ und mithin auch in den Werthen von U vorkommen, ist $U''_{2\nu} = U'_{2\nu+1}$ und $U'_{2\nu} = U''_{2\nu-1}$ und mithin auch

$$L_{2\nu} = U'_{2\nu+1} - U''_{2\nu-1} + X_{2\nu}$$

wenn man unter $X_{2\nu}$ die Arbeit versteht, welche zur Ueberwindung der Widerstände während der Zeiteinheit auf dem Stücke $2\nu$ zu leisten ist. Diese Gleichung bleibt nun richtig, wie kurz auch das Stück mit dem Index $2\nu$ sein mag, so dass auch für den Fall, wo dieses Stück verschwindend klein wird und nur eine Discontinuität zwischen den auf $2\nu - 1$ und $2\nu + 1$ bezüglichen Grössen eintritt, die Gleichung Gültigkeit behält. Dabei empfiehlt es sich jedoch, in einem solchen Falle $L_{2\nu} = L_{2\nu-1, 2\nu+1}$ zu setzen und einfach fortlaufende Indices $\mu, \mu + 1$ zu wählen, so dass schliesslich $L_{\mu, \mu+1}$ statt $L_{2\nu}$ und $X_{\mu, \mu+1}$ statt $X_{2\nu}$ zu schreiben ist und die ganze Gleichung übergeht in:

$$L_{\mu, \mu+1} = U'_{\mu+1} - U''_{\mu} + X_{\mu, \mu+1} \qquad [15]$$

Für den Fall, dass alle Arbeitsleistung auf Kosten von Wärme geschieht und auch die Widerstandsarbeiten, wenn solche bei unendlich kurzen Stücken überhaupt noch vorkommen sollten, in Wärme verwandelt werden, erhält man bei entsprechender Bezeichnung und unter Berücksichtigung des Umstandes, dass eine verschwindende Wärmemenge als eine negative auftretende angesehen werden kann, als erzeugte Wärmemenge an der Uebergangsstelle

$$Q_{\mu,\mu+1} = A\,[U''_{\mu} - U'_{\mu+1}] \qquad [16]$$

ein Ausdruck, der unter den eben gemachten Voraussetzungen stets negativ sein, und demnach eine verschwindende Wärmemenge darstellen wird.

Es ist natürlich nicht undenkbar, dass auch auf den Strecken mit abnehmender Energie, wie sie oben betrachtet wurden ausser $-\frac{dV}{ds}$ noch andere Kräfte eine in demselben Sinne wirkende Beschleunigung hervorbringen, die dann auch wieder durch $\eta$, oder wenn wir der gerade betrachteten Strecke den Index $\nu$ geben, $\eta_\nu$ bezeichnet werden mag. Alsdann wird die auf einer solchen Strecke zur Ueberwindung von Widerständen verbrauchte Arbeit

$$L_\nu = U'_\nu - U''_\nu + \int_{s'_\nu}^{s''_\nu} i\eta_\nu ds = U'_\nu - U''_\nu + Y_\nu$$

Geht diese Arbeit in Wärme über, so ist die erzeugte Wärmemenge

$$Q = AL_\nu.$$

Muss jedoch die Arbeit Y selbst wieder auf Kosten der dem Körper innewohnenden Wärme geschaffen werden, so wird wiederum wie oben

$$Q_\nu = AL_\nu - AY_\nu = A\,(U'_\nu - U''_\nu)$$

So lange die Bedingungen der Stetigkeit erfüllt sind, kann man auch hier wiederum $U'_\nu = U''_{\nu-}$ und $U''_\nu = U'_{\nu+1}$ setzen, oder $Q_\nu = A\,[U''_{\nu-1} - U_{\nu+1}]$

Schrumpft nun die Strecke mit dem Index $\nu$ mehr und mehr zusammen und setzt man dann $\mu$ statt $\nu - 1$, und $\mu + 1$ statt $\nu + 1$, und bezeichnet man analog wie oben $Q_\nu$ in

in diesem Falle durch $Q_{\mu,\mu+1}$ so erhält man

$$Q_{\mu,\mu+1} = A\left[U_\mu - U'_{\mu+1}\right]$$

also genau dieselbe Formel wie oben.

Diese Formel gibt demnach für Unstetigkeitsstellen sowohl die verschwindenden als auch die auftretenden Wärmemengen an.

In ihrer Anwendung auf den galvanischen Strom enthält sie den Ausdruck für das Peltier'sche Phänomen.

Dieser Ausdruck gewinnt jedoch dadurch ein besonderes Interesse, dass er auf einen Umstand hinweist, den man meines Wissens bisher bei diesem Vorgange nicht in Betracht gezogen hat. Er zeigt nämlich, dass unter der Annahme einer unitarischen Anschauung die Erwärmungen und Abkühlungen an den Berührungsstellen zweier verschiedener Leiter nicht nur von ihrer Spannungsdifferenz (Potential-Niveau-Differenz), sondern auch von den Geschwindigkeiten abhängen, welche zu beiden Seiten der Berührungsstelle herrschen. Man sieht dies sofort, wenn man den Ausdruck [16] ausführlich schreibt, dann erhält man

$$Q_{\mu,\mu+1} = Ai\left[V'_\mu - V'_{\mu+1}\right] + Ai\left[\frac{v''^2_\mu}{2} - \frac{v'^2_{\mu+1}}{2}\right]$$

Der Wärmeverbrauch an einer solchen Trennungsstelle wird demnach grösser sein, als die blosse Potentialniveaudifferenz erfordert, wenn zugleich eine Zunahme der Geschwindigkeit erfolgt (was ja bei geringerer Dichtigkeit $\delta$ auf dem Leiter $\mu + 1$, auch ohne Querschnittsänderung der Fall ist) geringer, wenn die Geschwindigkeit abnimmt.

Trotzdem wird das Gesetz, welches aus den Favre'schen Versuchen[7]) abgeleitet wurde, und wonach die algebraische

7) Annales de chim. et de phys. (1) T 40 (1854).

Summe aller an den Berührungsstellen verschiedener Leiter verschwindenden und auftretenden Wärmemengen gleich sein muss den in den Leitern selbst entwickelten, dadurch nicht gestört. Bildet man nämlich $\Sigma Q_{\mu,\mu+1}$ für einen in sich geschlossenen Stromeskreis, so ist

$$\sum_1^n Q_{\mu,\mu+1} = -Ai\sum_1^n E_{\mu,\mu+1} + Ai\sum_1^n\left(\frac{v_\mu''^2}{2} - \frac{v_{\mu+1}'^2}{2}\right)$$

Erinnert man sich nun daran, dass bei geschlossenem Strome $v'_{n+1} = v'_1$ und vereinigt man dann in der letzten rechts stehenden Summe, das 2te mit dem 3ten, das 5te mit dem 6ten Gliede u. s. w. und schliesslich das letzte mit dem ersten, so erhält man für einen geschlossenen Strom:

$$\sum_1^n\left(\frac{v_\mu''^2}{2} - \frac{v_{\mu+1}'^2}{2}\right) = \sum_1^n\left(\frac{v_\mu''^2}{2} - \frac{v_\mu'^2}{2}\right)$$

und da, wie schon in § 4 bemerkt und später in § 6 noch bewiesen werden soll

$$v_\mu'' - v_\mu' = 0$$

auch

$$\sum_1^n\left[\frac{v_\mu''^2}{2} - \frac{v_{\mu+1}'^2}{2}\right] = 0$$

und mithin

$$\Sigma Q_{\mu,\mu+1} = -Ai\Sigma E \qquad [17]$$

oder im Zusammenhalte mit Formel [8]

$$\Sigma Q_\mu + \Sigma Q_{\mu,\mu+1} = 0 \qquad [18]$$

wie es Favre's Versuche verlangen.

Der von Edlund[8]) gezogene Schluss, dass die beim Peltier'schen Phänomen auftretenden oder verschwindenden

8) Poggdff. An. Bd. 137.

Wärmemengen der Spannungsdifferenz der beiden Metalle proportional seien ist demnach nur bindend, wenn entweder die Hypothese von dem Doppelstrome festgehalten wird, oder wenn bei unitarischer Anschauung die Geschwindigkeit $v$ in der ganzen Kette allenthalben die gleiche ist, ohne Rücksicht auf das Material der einzelnen Theile.

Die Einwände, welche abgesehen von dem eben berührten Punkte, der meines Wissens bisher unbeachtet blieb, von Wüllner[9]) gegen Edlund's Folgerungen erhoben wurden, sind mir nicht verständlich.

Dagegen geht aus den eben angestellten Betrachtungen hervor, dass unter Annahme des Doppelstromes die an Löthstellen auftretenden oder verschwindenden Wärmemengen den auf elektrostatischem Wege ermittelten Spannungsdifferenzen genau proportional sein müssten. Abweichungen von dieser Proportionalität würden demnach sowohl diese Annahme als eine unhaltbare kennzeichnen als auch darthun, dass die Geschwindigkeiten $v$, mit denen sich die elektrischen Massen (soferne sich solche für die in Wahrheit noch unbekannten Vorgänge substituiren lassen) im Strome bewegen, in den verschiedenen Leitern verschiedene seien.

§ 6. Es erübrigt uns nun noch die Lösung der Aufgabe unter gegebenen Verhältnissen die Stärke des entstehenden Stromes zu bestimmen.

Man muss zu dem Ende untersuchen, unter welchen Bedingungen die Gleichung [4] d. i.

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{dV}{ds} - \xi$$

allgemeine Lösungen gestattet.

Dies ist in zwei ziemlich umfassenden Fällen möglich, nämlich einmal wenn $dv = 0$ und $\xi = \varphi(v) . f(s)$ ist und

9) Experimentalphysik. 3 Aufl. Bd. IV. S. 555—556.

ferner, wenn für $\xi$ die Bedingung $\xi = v^2 \varphi s$ erfüllt ist, ohne dass desshalb $dv = o$ zu sein brauchte.

Den ersten Fall hat man vor sich, wenn eine incompressible Flüssigkeit bei constantem Querschnitt gegeben ist, oder wenn $q\,\delta$ constant ist, in welchem Falle man das strömende Medium als absolut compressibel bezeichnen könnte.

Gleichung [4] aber wird

$$\frac{dV}{ds} = -\,\xi$$

und wenn man nun beachtet, dass man statt $\varphi(v)$ gerade so gut $\psi(i)$ schreiben kann, weil $i = v\,q\,\delta$ und $q\,\delta$ constant ist

$$\frac{dV}{ds} = -\,\psi(i)\,f(s) \qquad [19]$$

oder wenn man aus dem Strome das zwischen den Längen $s'$ und $s''$ liegende Stück heraus nimmt und integrirt

$$V' - V'' = \psi(i) \int_{s'}^{s''} f(s)\,ds \qquad [20]$$

Hat man nun einen in sich geschlossenen Strom und nimmt man aus diesem einzelne (getrennte) Stücken heraus, für welche das oben aufgestellte Grundgesetz gültig ist und setzt man

$$\int_{s'}^{s''} f(s)ds = Fs$$

so wird

$$\begin{aligned}
\psi i\,F(s_a) &= V'_a - V''_a \\
\psi i\,F(s_b) &= V'_b - V''_b \\
&\ldots\ldots\ldots \\
\psi i\,F(s_n) &= V'_n - V''_n
\end{aligned} \qquad [21]$$

oder wenn man alle rechts und alle links stehenden Glieder addirt $\psi i \,\Sigma F(s_n) = \Sigma V_{n,n+1}$ wo $V_{n,n+1} = V'_{n+1} - V''_n$ ist d. h. gleich dem Sprunge der Kräftefunction, der beim Uebergang vom Stücke n zum Stücke $n+1$ stattfindet.

Bezeichnet man die inverse Function von $\psi$ durch $\Psi$, so kann man auch setzen:

$$i = \Psi \frac{\Sigma V_{n,n+1}}{\Sigma F(s_n)} \qquad [22]$$

Ein Satz, den man als die Verallgemeinerung des Ohm'schen Gesetzes bezeichnen kann.

$\psi i \, F(s_n)$ ist die Arbeit, welche der Stromlauf der Strecke $s_n$ während der Zeiteinheit leistet.

Für $\psi i = i$ geht die Formel über in

$$i = \frac{\Sigma V_{n,n+1}}{\Sigma, F(s)} \qquad [23]$$

Für $\psi i = i$ und $f(s) = \frac{1}{q_n k_n}$ d. h. für $\xi_n = \frac{v_n \delta_n}{k_n}$ und für $dq_n = 0$ aber erhält man

$$i = \frac{\Sigma V_{n,n+1}}{\Sigma \frac{s_n}{k_n q_n}}$$

wobei jedoch immer noch angenommen ist, dass die einzelnen Stromstücke a, b u. s. w. durch endliche Strecken von einander getrennt seien und nur auf keinem derselben V unstetig werde[10]).

---

10) Zu dem nämlichen Gesetze für den Widerstand, den ein Leiter dem galvanischen Strom im gewöhnlichen (mechanischen) Sinne des Wortes entgegensetzt, kommt Edlund in k. Vetenskaps. Aks. Handl. Bd. XII. Nr. 8 § 10.

Denkt man sich nun die Endpunkte dieser Stücke näher und näher aneinander rückend bis sie an den Unstetigkeitsstellen von V einander berühren, so treten an die Stelle von $V_{n,n+1}$ eben die Spannungsdifferenzen zwischen den verschiedenen Leitern oder die sogenannten elektromotorischen Kräfte, d. h. man hat alsdann

$$i = \frac{\Sigma E}{\Sigma \frac{s}{kq}}$$

oder das Ohm'sche Gesetz in seiner gewöhnlichen Form.

Hat man einen verzweigten Strom und durchläuft man einen in sich geschlossenen Kreis, so bleiben für einzelne Stücken dieses Kreises die Gleichungen [21] ebenfalls noch gültig, nur mit dem Unterschiede, dass alsdann i nicht auf allen Stücken den gleichen Werth hat, die Summation liefert desshalb in diesem Falle das Resultat:

$$\Sigma \psi(i_n) F(s_n) = \Sigma V_{n,n+1}$$

während für die von einem Verzweigungspunkte ausgehenden Ströme die Kirchhoff'sche Bedingung

$$\Sigma i = 0$$ gelten muss.

Die Lösung einer Verzweigungsfrage reducirt sich also auch hier auf ein Eliminationsproblem.

§ 7. Auch bei wechselndem Werthe der Geschwindigkeit gibt es doch, wie schon bemerkt, einen Fall, in dem eine Lösung der Gleichung in ähnlicher Weise wie oben möglich ist, nämlich dann, wenn der Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist oder $\xi = v^2\varphi(s)$.

Die Einsetzung dieses Ausdruckes in [4] ergibt

$$-\frac{dV}{ds} = v^2\varphi(s) + \frac{1}{2}\frac{dv^2}{ds} \qquad [24]$$

oder wenn man sich daran erinnert, dass

$$v = \frac{i}{q\,\delta}$$

und $q\delta$ als Funktion von s betrachtet werden kann und demnach auch $\frac{\varphi(s)}{q\delta}$ als solche, so dass man $\frac{\varphi(s)}{q\delta} = f(s)$ setzen darf, so erhält man für ein Stromstück, das ganz und gar dem betreffenden Gesetze unterworfen ist, die Gleichung:

$$V' - V'' = i^2 \int_{s''}^{s'} f(s)\,ds + \frac{i^2}{2}\left[\frac{1}{q''^2\,\delta''^2} - \frac{1}{q'^2\,\delta'^2}\right]$$

[25]

$$= i^2 \left[\left(F(s'') + \frac{1}{2q''^2\,\delta''^2}\right) - \left(F(s') + \frac{1}{2q'^2\,\delta'^2}\right)\right]$$

oder wenn man den in Klammer stehenden Ausdruck durch $W_s$ bezeichnet

$$V' - V'' = i^2\,W_s \qquad [26]$$

$W_s$ ist analog wie oben die Arbeit, welche der Strom 1 auf der Strecke s leistet.

Zerfällt man den ganzen Strom wieder in verschiedene Stücke, so ergeben sich ähnlich wie oben die Gleichungen:

$$i^2\,W_1 = V_1' - V_1''$$

$$i^2\,W_2 = V_2' - V_2''$$

$$. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad .$$

$$i^2\,W_n = V_n' - V_n''$$

oder nach Summation

$$i^2 \sum_1^n W_\nu = V_1' - V_n'' + \sum_1^{n-1} V_{\nu,\nu+1}$$

was für einen geschlossenen Strom, wo $V_1' = V_{n+1}'$ zu setzen ist,

$$i^2 \Sigma W_n = \Sigma V_{n,n+1} \qquad [27]$$

ergibt, oder

$$i = \frac{\sqrt{\Sigma V_{n,n+1}}}{\sqrt{\Sigma W_n}} \quad [28]$$

Im Falle einer Stromverzweigung tritt an Stelle von Gleichung [27] für jeden in sich geschlossenen Stromeskreis die Gleichung

$$\Sigma i_n^2 W_n = \Sigma V_{n,n+1} \quad [29]$$

während die Gleichung

$$\Sigma i = 0$$

für jeden Verzweigungspunkt nach wie vor bestehen bleibt.

Die zuletzt entwickelten Gleichungen schliessen die Formeln für die Bewegungen der Luft in weiten Röhren, also z. B. für die Bewegung in Kaminen oder Ventilationsanlagen in sich.

## Sitzung vom 7. Juli 1877.

---

Der Classensecretär v. Kobell legt vor und bespricht nachstehende Abhandlung:

„Versuche über das Verhalten des Wassers in engen Räumen bei Glühhitze, von Dr. Fr. Pfaff".

Unter den vielen Fragen, welche in der Geologie behandelt werden, ist für das Kapitel der Gesteinslehre wohl keine wichtiger, als die: Wie verhält sich das Wasser bei sehr hohem Drucke und sehr hoher Temperatur gegen die verschiedenen chemischen Verbindungen, mit denen wir es in den Gebirgsarten zu thun haben, vor Allem gegen die Silicate?

Auch für den Techniker und Physiker ist die Frage nach dem Verhalten des Wassers bei hoher Temperatur unter starkem Drucke insoferne von der grössten Bedeutung, als ja das Kochen des Wassers, also die Dampfbildung in einem bestimmten Verhältnisse zu dem Drucke steht, über welches nach den verschiedenen empirisch festgestellten Thatsachen sehr abweichende Gesetze aufgestellt wurden.

Wenn man sich nun vergegenwärtigt, dass in geschlossenen Gefässen die Spannkraft des Dampfes sehr rasch mit der Temperatur steigt, so begreift man auch sofort, warum

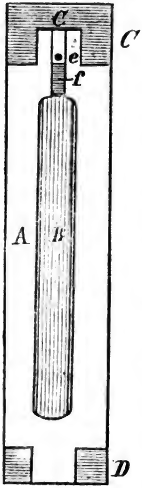
im Ganzen noch so wenig sichere Resultate über das Verhalten des Wassers bei sehr hoher Temperatur vorliegen und warum unter den Geologen noch so viel Streit über die Wirkung und Leistungsfähigkeit des Wassers und der Wasserdämpfe bei Temperaturen bis 2000, wie wir sie in der Tiefe der Erde annehmen dürfen, herrscht. Die Schwierigkeiten des Experimentirens steigen eben auch sehr bedeutend mit der Steigerung der Temperatur, bei welcher man seine Versuche anstellen will, und auch abgesehen von der Gefährlichkeit schrecken die so oft negativen d. h. nicht geglückten Versuche wohl Manchen von der Wiederholung derselben ab. In den letzten Jahren hat der leider so früh der Wissenschaft entrissene Vogelsang in Gemeinschaft mit Dr. Bettendorf Versuche der Art angestellt, indem er das Wasser in kupfernen Cylindern einschloss.[1]) Meistens ergaben dieselben ein negatives Resultat, indem bei längerer Dauer der Erhitzung das Wasser unmerklich entwich. Vogelsang wendete eine Temperatur von beiläufig Zinkschmelzhitze an, er giebt sie zu 400—480° an. Er erwähnt dabei früherer Versuche von Daubrée, der Glas in einen eisernen Cylinder einschloss und noch höhere Temperaturen anwandte. Er berichtet, dass die Röhren häufig zersprangen und sagt über die Abhandlung desselben in den Annales des mines, die mir selbst nicht zugänglich geworden ist, „man vermisst darin leider meistentheils die einfach referirende Darstellung, welche die Arbeiten der französischen Naturforscher im Allgemeinen so vortheilhaft auszeichnen.“ Andre Versuche sind mir nicht bekannt geworden und insoferne möchten die im folgenden kurz beschriebenen Versuche, bei denen das Wasser bis zu lebhafter Rothglühhitze des Eisens erhitzt wurde, nicht ohne Interesse sein, obwohl sie nur in kleinem Massstabe angelegt wurden, was ja bei so hohen Temperaturen kaum anders möglich sein dürfte.

[1]) Cfr. Vogelsang, Philosophie der Geologie.

Die Mittheilungen Vogelsangs, so wie die Thatsache, dass glühende Metalle für Glas permeabel seien, liess mich von der Wahl metallener Gefässe für das Wasser absehen. So wählte ich daher ebenfalls, wie Daubrée, Glasröhren, die in eiserne Cylinder eingeschlossen wurden. Die ersten Versuche stellte ich in der Art an, dass ich Stücke von dicken Thermometerröhren, wie sie zu Maximumthermometern verwendet werden, mit Wasser füllte und dieselben dann zuschmolz, wobei natürlich stets an dem einen Ende ein kleines Stück des Lumens von Wasser frei bleiben musste. Diese Stücken wurden dann in ein rundes mit entsprechender Bohrung versehenes Eisenstück, welches oben zugeschraubt wurde, gesteckt, dann mittelst einer dreifachen Bunsenschen Gaslampe zur Rothglühhitze gebracht und eine Stunde derselben ausgesetzt. Die Versuche hatten in dieser Weise angestellt stets denselben Ausgang, wie er auch wohl erklärlich ist. Zunächst war es, nach Hinwegnahme der Schraube stets unmöglich, die Glasröhre aus dem Eisen herauszubringen. Bei dieser Temperatur wurde nehmlich auch das Glas erweicht und der in dem oberen Theil des Röhrchens sich entwickelnde Dampf trieb die Glasröhre so weit auf, und presste sie so fest an das Eisen an, dass selbst nach dem Durchsägen des Eisens dieselbe nicht herausgenommen werden konnte. Dabei zeigte sich noch ein fernerer Uebelstand, nehmlich der, dass die Glasröhre eine sehr grosse Menge von Rissen bekam, die nothwendige Folge der stärkeren Zusammenziehung des Eisens, das beim höchsten Hitzegrade, dem der Apparat ausgesetzt war, sich enge an das Glas anschmiegte und beim Erkalten dasselbe zusammenpresste. Man konnte auch bei genauer Beobachtung des Apparates während des Erkaltens ganz deutlich in einem bestimmten Zeitpunkte ein eigenthümliches Geräusch im Innern des Apparates vernehmen, wie es reissende Glasmassen verursachen. Tropfbarflüssiges Wasser fand ich in diesen Fällen nicht mehr

vor, aber eigenthümliche Veränderungen des Glases, auf die ich später noch zurückkommen werde.

Ich suchte nun diesen beiden Uebelständen, nehmlich dem, dass man die Glasröhre nicht mehr herausnehmen konnte, und dass sie der sich stärker contrahirende Eisencylinder zersprengte, abzuhelfen, und es gelang mir das auch, wenn auch nicht in allen Fällen mittelst einer sehr einfachen Abänderung des Verfahrens.




Ich benützte nehmlich einen schon vor dem Versuche der Länge nach durchsägten Eisencylinder A. Derselbe zerfiel so in 2 Hälften, von denen die Figur eine Darstellung in natürlicher Grösse giebt. B ist die Höhlung, in welche die Glasröhre gelegt wurde. Beide Hälften waren oben und unten so abgedreht, dass unten ein starker Eisenring D, oben ein Deckel C übergeschoben und so die beiden Hälften fest zusammengehalten werden konnten. Bei e ging ein cylindrischer Kanal durch den Deckel C und die beiden Theile des Cylinders, in welche ein stählerner Stift passte, durch den sowohl der Deckel, wie auch ein kleiner eiserner Cylinder f, welcher den obersten Theil der Bohrung verschloss, und auf der Glasröhre aufsass, fest gehalten wurde.

Die Bohrung B wurde etwas weiter gemacht, als der Durchmesser der verwendeten Glasröhren war. Der Zwischenraum wurde mit fein gepulvertem geglühten Speckstein ausgefüllt. Nachdem nehmlich die Glasröhre in die Bohrung bei B gelegt worden war, wurden die beiden Hälften des Apparates auf einander gelegt und durch den Ring D an einander gehalten. Dann wurde oben von dem Pulver soviel eingebracht, als durch Klopfen an

den Apparat und durch Nachstopfen hineinging. Schliesslich der Stift f aufgesetzt, der Deckel C übergestülpt und durch den Stahlstift festgehalten. Die hervorstehenden Enden desselben dienten zum Aufhängen des Apparates an einem Platinadraht während des Glühens. Ein Versuch die Glasröhre zunächst in einem dünnen Specksteincylinder und diesen in einen Eisencylinder einzuschliessen, zeigte den Uebelstand, das die Glasröhre aus dem Specksteincylinder nur durch Zersägen desselben herauszubringen war, ebenfalls, weswegen ich dann immer in der eben beschriebenen Weise verfuhr.

Wenn auch auf diesem Wege nicht immer, so wurde doch öfter erreicht, dass die Glasröhren ganz blieben, obwohl der Cylinder bis zum Rothglühen erhitzt wurde. Länger als eine Stunde wurde jedoch die Erhitzung nicht fortgesetzt, weil die Untersuchung der Beschaffenheit der Röhren schon nach halbstündiger Dauer der Glühhitze mir eine längere Fortsetzung zwecklos erscheinen liess.

Mit Ausnahme eines einzigen Falles, den ich noch näher besprechen werde, zeigte sich das Resultat bei allen Versuchen ziemlich gleich, ohne Ausnahme war das Lumen aller Glasröhren auf das 2fache im Durchmesser erweitert und das Glas bis zur Hälfte von innen heraus ganz eigenthümlich verändert. Es war nehmlich in eine poröse schneeweisse, undurchsichtige Masse verwandelt, die aber nicht pulverförmig war, sondern ziemlich fest zusammenhielt; flüssiges Wasser war nicht mehr in den Röhren. Die meiste Masse liess sich nur schwer von dem unveränderten Glase loslösen. Deutliche Spuren von irgend welcher krystallinischer Bildung konnten auch unter dem Mikroskope nicht nachgewiesen werden, dagegen allerdings schwache polarisirende Eigenschaften derselben, die ja aber auch auf den starken Druck oder die rasche Abkühlung zurückgeführt werden können.

Nur in einem Falle war noch neben dieser Veränderung der Glasmasse ungefähr 1/5 der in das Glasröhrchen eingebrachten Wassermenge deutlich in tropfbarem Zustande vorhanden. Ob hier eine etwas andre Beschaffenheit des Glases dieses abweichende Resultat erzeugte, wage ich nicht zu entscheiden. Der Versuch ist aber insoferne interessant, als er vor den anderen deutlich zeigt, dass tropfbar flüssiges Wasser auch bei Rothglühhitze in einer geschlossenen Glasröhre sich erhalten kann.

Sehr auffallend ist die ungemein energische Einwirkung des Wassers in der Hitze auf das Glas. Das Lumen des Röhrchen betrug nur 1/2 mm, die Menge des in demselben enthaltenen Wassers nur 8—10 Milligramme. Dennoch reichte diese geringe Menge hin eine Zone von 1 1/2 mm Durchmesser der Glasröhre, somit beiläufig 225 Milligramme des Glases umzuwandeln. Mein verehrter Collega, Herr Professor Hilger, unterzog sich der Mühe, die umgewandelte Glasmasse und die unveränderte äussere Rinde einer gesonderten Untersuchung zu unterwerfen, und den Wassergehalt direct zu bestimmen, d. h. nicht aus dem Glühverluste zu berechnen. Die von ihm untersuchten Glasröhren ergaben nun einen Wassergehalt:

1) in der äusseren Rinde; 5,3—5,6 %,
2) in der inneren umgewandelten Masse:
   a) lufttrocken 11,2 %,
   b) 6 Stunden getrocknet 9,7 %.

Es geht daraus, namentlich aus dem Resultate 2b jedenfalls soviel hervor, dass sich unter sehr starkem Drucke bei einer Temperatur von Rothglühhitze wasserhaltige Silicate bilden können. Wie rasch übrigens diese Umwandlung des Glases vor sich gehe, zeigte ein Versuch, welcher zugleich zum Beweise dienen kann, welcher gewaltige Druck in dem Innern des Glasröhrchens vorhanden sei. Ich hatte zugleich

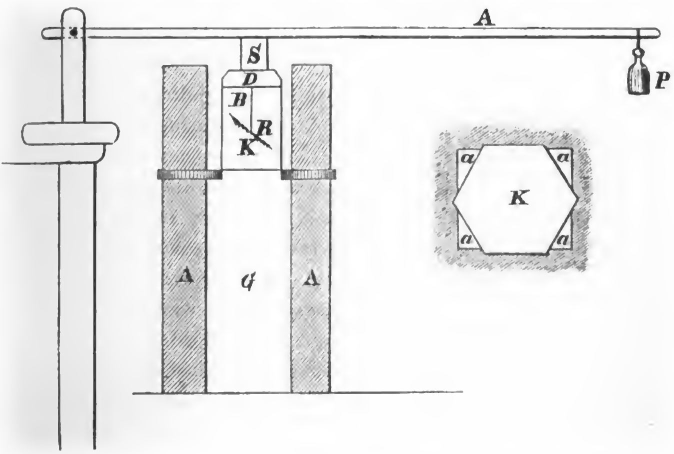
mit dem oben beschriebenen kleinen Apparate von Eisen einen ganz gleichen von Messing angefertigt, bei dem die vor dem Zersägen in 2 Hälften vorgenommene Bohrung etwas weniges schief gegangen war, so dass an dem untern Ende die eine Wand etwas dünner war, indem die Höhlung nicht genau in der Mitte sich hielt. Als ich nun diesen Apparat genau in derselben Weise in Glühhitze versetzte, entstand nach 10 Minuten eine mit gewaltigem Knall verbundene Explosion, indem das Glasröhrchen und der Messingcylinder an der Stelle, an welcher der letztere am schwächsten war, ähnlich einer Thermometerkugel aufgetrieben und mit einer c. 3 $^{mm}$ weiten Oeffnung durchbohrt wurde. Nichts destoweniger zeigte sich auch dieses Glasröhrchen im Innern schon theilweise in eine weisse Masse umgewandelt.

Bei einigen dieser Versuche hatte ich feine Splitterchen von Bergkrystall und, um sie leichter unterscheiden zu können, von Amethyst mit dem Wasser in das Glasröhrchen gebracht, um zu sehen, wie sich die freie Kieselsäure unter diesen Umständen verhalte. Es war mir aber nicht möglich, ein sicheres Resultat zu erhalten. Die Splitterchen, die natürlich sehr fein sein mussten, um noch in das feine Lumen eingebracht werden zu können, liessen sich nach Beendigung des Versuches nicht mehr erkennen, da aber die innere Wand so eigenthümlich umgewandelt und aufgebläht sich zeigte, so ist es sehr wohl möglich, dass sie irgendwo in dieser Masse eingeschlossen waren und so dem Blicke sich entzogen.

Ich versuchte daher noch auf andrem Wege die Frage nach dem Verhalten des Quarzes bei hoher Temperatur und hohem Drucke zu lösen, auf dem ich zugleich auch über den Grad des Druckes, der bei dieser Temperatur herrschte, Auskunft erhielte. Zu diesem Behufe liess ich einen starken Bergkrystall oben und unten mit einer geraden Endfläche versehen und nun in der Mitte, in der Richtung der kry-

stallographischen Hauptachse eine Bohrung 1¼ mm im Lichten und 22 mm lang vornehmen. Von einer Säulenfläche zu der ihr gegenüberliegenden, also in der Richtung der Zwischenachsen (s nach Weiss) hatte der Krystall 3 cm, so dass also die Wandstärke um die Bohrung im Minimum 14 mm betrug.

Eine Platte von demselben Krystalle wurde nun vollkommen eben geschliffen, sie diente als Deckel auf den gebohrten Krystall. Die sämmtlichen Arbeiten an dem Krystalle wurden von Steeg in Homburg auf das Vollkommenste ausgeführt. Die Art, wie die Versuche angestellt wurden, ergiebt sich am einfachsten aus der folgenden Figur. Auf ein kleines Gehäuse von Backsteinen A wurde eine 1 cm starke gusseiserne Platte gesetzt, auf welche der Krystall K so gestellt wurde, wie es die kleine nebenstehende Figur erkennen lässt. Die Platte war nehmlich genau ent-




sprechend den Dimensionen des Krystalls rechteckig durchbrochen, so dass der Krystall nur mit 2 Seiten und 2 Ecken aufstand und in den rechten Winkeln des

durchbrochenen Rechtecks (a a) die Flamme frei hindurch konnte. Auch oben war der Krystall mit Backsteinen umgeben. Der Deckel D wurde durch den starken Hebel A, der mit Gewichten P belastet werden konnte, und den eisernen Stempel S fest auf den Krystall aufgepresst. Die Stärke des Druckes konnte so leicht berechnet werden. Das Gas konnte von einem Nebenzimmer, aus dem auch der Stand des Hebelarmes bei P zu übersehen war, abgesperrt werden. Ich versuchte Anfangs Druckgrade von 800—1000 Atmosphären, und liess den Krystall eine Stunde in den Gasflammen, das Resultat war aber immer dasselbe, es fand keine Explosion, kein Aufheben des Hebelarmes Statt, aber nachdem das Gas ausgelöscht und der Apparat, der sich sehr langsam abkühlte, untersucht werden konnte, fand sich kein tropfbar flüssiges Wasser, auch keine bemerkbare Veränderung des Krystalles vor. Dasselbe Resultat ergab sich bei noch stärkerem Drucke. Offenbar fand bei der ungeheueren Spannung der Dampf zwischen dem Deckel, der wie der Krystall nicht polirt, sondern nur sehr fein matt geschliffen war, langsam einen Ausweg. Ich verfuhr nun in der Art, dass ich, nachdem die Bohrung aufs Neue mit Wasser gefüllt war, einen kleinen etwas konisch zugefeilten Kupferstift wie einen Keil in den obersten Theil der Bohrung eintrieb, darauf den Deckel in derselben Weise aufpresste. Nun gelang der Versuch, es entwich kein Wasser; nach einstündigem Glühen war, als der Krystall erkaltet war, die cylinderische Höhlung noch mit Wasser gefüllt; ob aber dasselbe eine Einwirkung auf die Wände ausgeübt hatte, konnte nicht constatirt werden. Ich glühte nun, in der Hoffnung, die allenfallsige Einwirkung zu verstärken, mit derselben Wassermasse aufs Neue, erhielt aber auch jetzt wieder kein sicheres Resultat in dieser Beziehung, indem die Wände, etwas rauh von der Bohrung, eine merkliche Veränderung nicht erkennen liessen.

Der nächste Versuch machte, ohne über diese Frage Aufschluss zu geben, weiteren insoferne eine Ende, als der Krystall von dem untern Ende der Bohrung aus einen breiten schief nach oben und unten laufenden, in der Figur mit R angedeuteten Riss bekam, der vielfach uneben war, aber mit Ausnahme einer ganz schmalen Linie, nirgends die äusseren Flächen erreichte. Wasser war nicht mehr verhanden.

Wenn nun auch diese Resultate nicht besonders ermuthigend für die Fortsetzung ähnlicher Versuche sind, so haben sie doch wenigstens den Beweis geliefert, dass Wasser bei Rothglühhitze im flüssigen Zustande bestehen und wasserhaltige Silicate dabei bilden kann.

Herr v. Bezold spricht über eine in Gemeinschaft mit Herrn Dr. G. Engelhardt ausgeführte Untersuchung

„Ueber die Fluorescenz der lebenden Netzhaut."

Studien über das Gesetz der Farbenmischung legten dem einen von uns schon vor Jahren die Frage nah, ob die von Helmholtz[1]) und später von Setschenow[2]) an der todten Retina beobachtete Fluorescenz nicht auch an der lebenden Netzhaut nachweisbar sei. Damals angestellte Experimente ergaben jedoch kein Resultat, führten vielmehr zu der Ueberzeugung, dass die Lösung dieser Aufgabe nur in Verbindung mit einem Ophthalmologen möglich sein dürfte.

Durch die bahnbrechenden Entdeckungen von Boll und Kühne wurde das Interesse an diesem Gegenstande von neuem erweckt, da durch sie alle Rückschlüsse von der todten auf die lebende Netzhaut als höchst bedenklich erscheinen müssen.

Dies veranlasste uns, die Untersuchung gemeinschaftlich in Angriff zu nehmen, deren Ergebnisse im Folgenden mitgetheilt werden sollen.

Vor Allem schien es erforderlich, das Netzhaut-Bild eines Spectrums ophthalmoskopisch zu beobachten und dann

1) Pogg. Ann. XCIV. 205.
2) Arch. f. Ophth. Bd. V. 2. S. 205.

zu versuchen, ob man dasselbe so weit hinter den Pupillarrand verschieben könne, dass man die Netzhaut schliesslich nur noch in ultravioletter Beleuchtung vor sich habe. Zu dem Ende wurde der aus dem Prisma austretende Farbenfächer so nahe am Prisma durch den Augenspiegel abgefangen, dass er ganz auf den letzteren fiel. Alsdann war es durch passende Wahl der Entfernungen und der in Anwendung kommenden Linsen — die Beobachtungen wurden immer im umgekehrten vergrösserten Bilde angestellt — möglich, von dem Spectrum ein so kleines Netzhautbild zu erzeugen, dass dasselbe ganz oder wenigstens zum grössten Theile gleichzeitig übersehen werden konnte.

Das Ergebniss war ein sehr überraschendes, und enthielt, obwohl Anfangs weder Sonnenlicht noch Quarzprismen in Anwendung kamen, bereits das gewünschte Resultat in sich, das dann freilich erst durch Abänderung und Vervollkommnung der Versuche ganz beweiskräftig gemacht werden musste.

Das Netzhautbild eines Spectrums zeigt nämlich Eigenthümlichkeiten, die zum Theile durch die Absorptionserscheinungen des Blutes, zum Theile durch die Fluorescenz bedingt sind. Der Anblick dieses Bildes ist ausserordentlich schön: Während der Netzhautgrund das Bild des Spectrums in gewöhnlicher Weise zeigt, treten die Gefässe in sehr verschiedener Färbung hervor: auf dem rothen Grunde nur durch eine etwas intensivere Farbe, im Orange beinahe gar nicht kenntlich, erscheinen sie im Grünen tief schwarz in wunderbar scharfer Zeichnung, im Blauen aber in dunkel braungelbem Tone, der im Violetten in dunkles Rothbraun übergeht. Im Orange heben sie sich so schwach hervor, dass man glauben möchte, sie seien mit Wasser gefüllt, dagegen werden sie beim Beginn des Grünen plötzlich so schwarz, als enthielten sie

Tinte, und dieses Umspringen von dem einen in den anderen Ton geschieht so auffallend, dass sie beinahe wie abgeschnitten erscheinen. Reines Gelb ist bei lichtschwachen Spectren bekanntlich nicht mehr wahrnehmbar, aus den Versuchen über die Absorption des Blutes weiss man jedoch, dass sie in der Gegend der Fraunhofer'schen Linie D beginnt, und zwar noch etwas vorher wie daraus folgt, dass die Gefässe bei Beleuchtung mit Natriumlicht ebenfalls schwarz gesehen werden.

Bis in's Grüne hinein schliesst sich demnach die beschriebene Erscheinung genau dem an, was man nach dem Absorptionsspectrum des Blutes erwarten konnte.

Im Blauen aber und zwar in der Gegend der Linie F ändert sich die Sache; hätten wir es hier nur mit Absorptionserscheinungen zu thun, so müssten die Gefässe ähnlich wie im Rothen, d. h. blos durch Unterschiede der Helligkeit, wenn auch etwas schärfer, markirt sein; man hätte dann eben dunkler blaue Gefässe auf mässig hellerem Grunde zu erwarten. Statt dessen erscheinen sie in gelblich braunem Tone, der an sehr dunklen Ocker erinnert, während sie im Violett einen entschiedenen Stich in's Rothe zeigen, etwa wie rostiges Eisen.

Diese Erscheinung lässt sich nur durch Fluorescenz der dahinterliegenden Netzhaut erklären, und so liefern demnach die Netzhautgefässe selbst das feinste Prüfungsmittel für das Vorhandensein der Fluorescenz.

Im ersten Augenblicke könnte man zwar meinen, man habe es hier mit einer Contrasterscheinung zu thun, aber eine etwas genauere Ueberlegung lehrt sofort, dass diese Vermuthung hier unzulässig ist. Denn erstens wäre nicht abzusehen, weshalb diese Erscheinung im Grünen fehlen sollte, was doch bekanntlich besonders leicht Contrasterscheinungen hervorruft, und dann müsste sich die Farbe der Gefässe vom Blauen nach dem Violetten zu dem Gelbgrünen nähern,

während im Gegentheile das dunkle Braun der Gefässe in dieser Gegend des Spectrums in Rothbraun übergeht.

Fluorescenz des Blutes selbst kann auch nicht die Ursache sein, da es uns wenigstens nicht gelungen ist, an Blut eine Spur von Fluorescenz zu entdecken, überdiess wäre es äusserst unwahrscheinlich, dass das im durchfallenden Lichte rothe Blut auch rothe Fluorescenz zeigen sollte.

Ebenso wenig kann man die Ursache in diffusem Lichte suchen, das auf irgend welchem Wege in's Auge gedrungen sein möchte oder allenfalls in der Fluorescenz der Hornhaut oder Linse seinen Ursprung finden könnte, denn solches Licht müsste im grünen Theile des Spectrums ebenso seine Wirkung zeigen, ja dort sogar in erhöhtem Maasse, da hier der Contrast den Eindruck noch verschärfen müsste.[3]) Uebrigens müsste sich Fluorescenzlicht, was von Theilen des Auges ausginge, die vor den Netzhautgefässen liegen, auch bei Betrachtung der Purkinje'schen Figur in monochromatischer Beleuchtung merkbar machen, was nach unseren Beobachtungen nicht der Fall ist.

Die eigenthümliche braune und rothbraune Färbung der Netzhautgefässe im blauen und violetten Theile des Spectrums lässt sich mithin nur durch Fluorescenz der dahinter liegenden Netzhaut erklären und zwar hat man den Beginn derselben an der nämlichen Stelle zu suchen, an welcher sie von Helmholtz bei der todten Netzhaut gefunden wurde.

Obwohl nun nach dem ebengesagten schon durch diesen einen Versuch die Fluorescenz der lebenden Netzhaut nachgewiesen ist, so wollten wir es doch hiebei nicht bewenden lassen, sondern die Sache noch nach verschiedenen Seiten

---

3) Bei sehr intensiver Beleuchtung scheint derartiges Licht wirklich seinen Einfluss geltend zu machen und ist desshalb eine mässige Erleuchtung der Netzhaut vorzuziehen.

hin weiter verfolgen, um so noch weiteres Beweismaterial herbeizuschaffen. Für's Erste versuchten wir die auf der Netzhaut gesehene Erscheinung nachzuahmen, indem wir ein mit Blutlösung gefülltes Capillarrohr vor ein auf einer Fläche entworfenes Spectrum brachten. Auch hier zeigten sich im Roth, Orange, Gelb und Grün genau die nämlichen Erscheinungen, im Blau und Violett ebenfalls, wenn der Schirm in diesen Farben fluorescirte. Freilich bemerkt man hiebei die kleinsten Spuren von Fluorescenz, so dass schon weisses Papier dieselbe deutlich zu erkennen gibt und die Farbe des Röhrchens vor einem solchen Schirme schon in allen Theilen an die der Blutgefässe auf der Netzhaut erinnerte. Dass es sich aber hiebei thatsächlich um Fluorescenzlicht handelte, welches von diesem Schirme ausging, ergab sich schlagend daraus, dass die braune und röthliche Färbung des Röhrchens gänzlich verschwand, wenn der Schirm entfernt wurde, so dass der schwarze Raum des Dunkelzimmers als Hintergrund diente und dass sie viel entschiedener auftrat, wenn der weisse Papierschirm durch einen mit Platin-Cyanbarium überstrichenen oder durch andere fluorescirende Körper ersetzt wurde. Diese Versuche überzeugten uns davon, dass man in einem durchsichtigen farbigen Körper, den man vor einen anderen als Projectionsfläche für ein Spectrum dienenden hält, ein äusserst empfindliches Mittel besitzt, um Spuren von Fluorescenz zu erkennen. Sobald dieser Prüfungskörper in einem Theile des Spectrums, in dem er allein seine natürliche Farbe nicht erkennen lässt, dieselbe doch zeigt, wenn sich ein Körper hinter ihm befindet, muss diess die Folge von Fluorescenz-Licht sein, welches von dem dahinter liegenden Körper ausgesendet wird.

Auch feine Schattenstreifen wurden in einem projecirten Spectrum hervorgerufen, um den Einfluss ganz sicher zu erkennen, den allenfalls Contrasterscheinungen auf die Beobachtung ausüben könnten. Das Resultat war, dass die

im Blau und Violett beobachtete Farbe der Netzhautgefässe keinenfalls die Folge von Contrasterscheinungen ist.

Nach Erledigung dieser mehr physikalischen Seite der Sache handelte es sich nun darum, auch die ophthalmoskopischen Untersuchungen weiter auszudehnen und verschiedenartig abzuändern.

Die oben angeführte Methode, bei welcher man den ganzen Farbenfächer mit dem Augenspiegel auffängt und ein kleines Spectrum auf die Netzhaut wirft, ist nämlich von dem Einwande nicht frei, dass man hiebei nur schwer ein ganz reines Spectrum erhalten wird. Bedarf es doch beinahe eines glücklichen Zufalls, damit die Stellungen der Linsen und die Accommodation der beiden Augen so günstig zusammenwirken, dass das beobachtete Auge in dem nämlichen Momente die Fraunhofer'schen Linien deutlich sieht, in welchem der Beobachter den Augenhintergrund scharf vor sich hat. Wenn nun auch eine kleine Abweichung von vollkommener Reinheit bei Benützung der Blutgefässe als Kriterium der Fluorescenz nicht viel Schaden bringen kann und demnach das blose oberflächliche Urtheil des Beobachters genügt, um eine hinreichende Reinheit zu erzielen, so war es doch immerhin wünschenswerth, den genannten Einwand ganz zu beseitigen.

Dies geschah auf folgende Weise:

Mit Hülfe eines grossen, sehr stark zerstreuenden Prisma's à vision directe wurde ein Spectrum von 40 bis 50 cm. Länge entworfen. In die Gegend der Bildebene begab sich nun der Beobachter und fing mit dem Augenspiegel bald diese, bald jene Strahlengattung auf, so dass das beobachtete Auge nach einander durch nahezu monochromatisches Licht von verschiedener Brechbarkeit beleuchtet wurde.

Die Farbe der Gefässe zeigte sich jedesmal genau ebenso wie bei der oben beschriebenen Methode, und zwar nicht

nur bei dem gewöhnlich zu den Versuchen benutzten braunen Kaninchen, sondern auch beim Menschen.

Diese Art der Untersuchung ist viel bequemer als die oben beschriebene, aber dafür muss man darauf verzichten, sämmtliche Erscheinungen mit einem Blicke zu übersehen.

Anfänglich waren die Versuche sämmtlich mit Glaslinsen und Glasprismen angestellt worden und zum Theile sogar nur mit Benutzung eines Skioptikons als Lichtquelle, es schien nun wünschenswerth, sie mit Quarz-Linsen und Prismen zu wiederholen, wobei selbstverständlich Sonnenlicht zur Anwendung kam. Hiebei war es jedoch nicht möglich, die zweite Art der Beobachtung zu benutzen, da das Spectrum nicht hinreichend gross hergestellt werden konnte, man war deshalb immer genöthigt, ein etwas grösseres Stück des Spectrums auf die Netzhaut zu projiciren.

Die Ergebnisse waren im Allgemeinen die nämlichen wie oben beschrieben, nur trat die braunrothe Färbung der Blutgefässe im Violett noch lebhafter hervor als bei Anwendung von Glasapparaten (der Augenspiegel und die dazu gehörige Linse waren auch jetzt noch von Glas) und endlich war es in diesem Falle möglich, die Erscheinung bis in's Ultraviolett zu verfolgen. Nachdem das ganze sichtbare Spectrum abgeblendet war, indem man es allmälig hinter dem Pupillarrand zum Verschwinden brachte, so dass nur mehr ultraviolette Strahlen auf die Netzhaut fielen, erschienen die Netzhautgefässe in entschieden röthlichem Tone auf schmutzig graubraunem Grunde.

Alles zusammengefasst, scheint uns durch diese Beobachtungen erwiesen, dass thatsächlich auch die lebende Netzhaut fluorescirt, und zwar unter dem Einflusse der nämlichen Strahlen, welche

schon **Helmholtz** bei der todten Netzhaut als fluorescenzerregend erkannt hat.

Als Kennzeichen der Fluorescenz diente die Farbe der Netzhautgefässe, die sich im blauen, violetten und ultravioletten Lichte mehr und mehr der natürlichen Farbe des Blutes näherte, was sich nur durch Fluorescenz der dahinter liegenden Schichten erklären lässt.

---

Herr v. Jolly legt vor und bespricht nachstehende Abhandlung:

„Ueber den Einfluss des Lösungsmittels auf die Absorptionsspectra gelöster absorbirender Medien." Von Aug. Kundt.

In einer Mittheilung im Jubelband von Poggendorffs Annalen pag. 615 ff. habe ich einige Folgerungen entwickelt, die sich aus den von mir experimentell ermittelten Beziehungen zwischen Dispersion und Absorption zu ergeben schienen.

Die erste dieser Folgerungen war, dass bei einer absorbirenden, in verschiedenen Lösungsmitteln löslichen Substanz eine gesetzmässige Verschiebung eines Absorptionsstreifens mit dem Lösungsmittel statt haben müsse, und zwar der Art, dass eine Absorptionsbande, welche die absorbirende Substanz in einem normalen Dispersions- oder Beugungsspectrum zeigt, im Allgemeinen um so weiter nach dem rothen Ende dieses Spectrums rücke, je grösser die Dispersion des benutzten Lösungsmittels ist.

Die folgende Mittheilung enthält die Resultate einer grösseren Reihe von Versuchen, welche ich über den Einfluss eines farblosen Lösungsmittels auf das Absorptionsvermögen absorbirender Medien angestellt habe.

Es hat sich hierbei gezeigt, dass die von mir aufgestellte Regel zwar nicht stets und in aller Strenge durch

die Versuche bestätigt wird, aber in einer grossen Zahl derselben klar zu Tage tritt.

Bei der vielfachen praktischen Verwendung, welche die Untersuchung der Absorptionsspectra absorbirender Lösungen bereits gefunden hat, scheint es, auch ohne Rücksicht auf die Bestätigung oder Nichtbestätigung einer allgemeinen Regel, von Interesse den Einfluss des Lösungsmittels genauer kennen zu lernen.

Ich werde im Folgenden zunächst lediglich die Beobachtungen mittheilen und hier nicht auf die im Jubelband nur angedeuteten Betrachtungen, welche mich zur Aufstellung der erwähnten Regel führten, eingehen.

Die Versuche wurden einfach in der Weise ausgeführt, dass zwischen die Lichtquelle (Lampe oder Sonnenlicht) und den Spalt eines Spectroscops die auf Absorption zu untersuchende Flüssigkeit in einem Gefäss mit planparallelen Wänden eingeschaltet wurde. Bei einzelnen dieser Gefässe war die eine Wand verschiebbar, so dass die Dicke der durchstrahlten Flüssigkeitsschicht beliebig variirt werden konnte.

Die Lösungen wurden meist so hergestellt, dass eine bestimmte Quantität der absorbirenden Substanz in einem geeigneten Medium gelöst wurde, und zu bestimmten Mengen dieser Lösung wurden dann die anderen Lösungsmittel in gleichen Portionen zugesetzt. -- Zuweilen wurde auch die feste absorbirende Substanz direct in verschiedene Lösungsmittel gebracht.

Ich habe verschiedene Spectroscope benutzt, da sich, besonders für eine Voruntersuchung, nicht jedes Spectroscop für jede Substanz gleich gut eignet.

Für die weiter unten angegebenen Versuche wurde theils ein geradsichtiges Spectroscop von Merz, theils ein Spectralapparat von Steinheil verwendet in den ein sehr stark brechendes Prisma ($n_D = 1,75$) eingesetzt war.

Als Messapparat diente in beiden Fällen das dem Merz-schen Apparat zugehörige Beobachtungsfernrohr, bei dem das Ocular mit einer in der Focalebene angebrachten Spitze durch eine Micrometerschraube mit getheiltem Kopf bewegt wird.

Wird die Lage der Linie B des Sonnenspectrums als Nullpunkt genommen, so giebt bei dem Merz'schen Apparat die Messvorrichtung für die übrigen Fraunhofer'schen Linien die folgenden Zahlen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| B | 0 | — | 0 |
| C | 0 | — | 68 |
| D | 2 | — | 70 |
| E | 5 | — | 78 |
| b | 6 | — | 43 |
| F | 9 | — | 18 |

Die Zahlen der ersten Vertikalcolumne geben die ganzen Schraubengänge, die der zweiten die Trommeltheile. —

Die Trommel der Schraube ist in 100 Theile getheilt.

Es entspricht mithin zwischen den Linien D und E ein Theil der Schraubentrommel einer Aenderung der Wellenlänge im Spectrum von ungefähr $0,^{mm}0000002$.

Wird für den Steinheil'schen Apparat die Linie D als Nullpunkt genommen, so giebt die Messvorrichtung für die anderen Linien die folgenden Werthe in ganzen Schraubenumgängen und Theilen der Schraubentrommel:

| | | | |
|---|---|---|---|
| D | 0 | — | 0 |
| E | 1 | — | 14 |
| b | 1 | — | 37 |
| F | 2 | — | 24 |
| G | 4 | — | 32 |

Es entspricht mithin bei diesem Apparat ein Theil der Schraubentrommel zwischen D und E einem Wachsen der Wellenlänge um ungefähr $0,^{mm}00000055$.

Bei den Versuchen wurden gewöhnlich die Mitten

der Absorptions- streifen eingestellt. Es ist daher bei der Vergleichung der Lage eines Absorptionsbandes in den verschiedenen Lösungsmitteln sehr wichtig, dass die Concentration und die Dicke der durchstrahlten Schicht möglichst gleich sei. Wenn die Concentration nicht genau gleich zu machen war, wie z. B. wenn eine stark tingirende feste Substanz direct in verschiedenen Lösungsmitteln gelöst wurde, so wurden die Schichten so gewählt, dass die Absorptionsbande bei den zu vergleichenden Lösungen möglichst gleich breit erschien.

Die Fehlergrenze der Einstellung der Mitte eines Streifens ist ausserordentlich variabel, je nach der Breite, Schärfe und Schwärze des Streifens. Die Breite, scharfe Begränzung des Absorptionsstreifens wie die Intensität der Absorption erleiden sogar kleine Aenderungen bei einer und derselben absorbirenden Substanz in verschiedenen Lösungsmitteln.

Die einzelnen Beobachtungsreihen sind daher bezüglich der Fehlergränze der Einstellung in keiner Weise mit einander vergleichbar. Die beobachteten Verschiebungen der Absorptionsstreifen bei den benutzten Substanzen, Lösungsmitteln und Apparaten waren aber immer so gross, dass sie trotz der zuweilen beträchtlichen Einstellungsfehler deutlich zu Tage traten. Die Versuche wurden bei einer Temperatur zwischen 13 und 17° Celsius angestellt; bei den benutzten Substanzen waren diese kleineren Temperaturveränderungen ohne Einfluss auf die Absorptionsspectra.

Es wurden stets 10 Einstellungen desselben Streifens gemacht und zwar 5 von der weniger brechbaren, 5 von der mehr brechbaren Seite des Spectrums her, und aus diesen 10 Einstellungen wurde das Mittel genommen.

Für eine fortlaufende Beobachtungsreihe benutzte ich 12 Lösungsmittel, die bis auf 2 (Schwefelkohlenstoff und Cassiaoel) fast farblos waren.

Als absorbirende Substanzen wurden benutzt — Chlo-

rophyll, Anilingrün, Cyanin, Fuchsin, Chinizarin, Eigelb. Diese Substanzen sind so gewählt, dass in den verschiedenen Farben des Spectrums Absorptionsstreifen zur Untersuchung kommen. Chlorophyll zeigt seinen ersten starken Absorptionsstreifen (und dieser wurde ausschliesslich benutzt) im Roth, das Absorptionsmaximum des Anilingrün liegt weiter nach Gelb, die dunklen Streifen des Cyanin und Fuchsin rücken noch weiter nach Gelb. Chinizarin und Eigelb zeigen Absorptionsstreifen in Grün und Blau.

Die 12 Lösungsmittel:

Alcohol, Aether, Aceton, Wasser, Methylalcohol, Amylalcohol, Benzol, Toluol, Ligroin, Chloroform, Cassiaoel, Schwefelkohlenstoff sind so gewählt, dass wenigstens eine ziemliche Anzahl derselben alle die oben genannten Substanzen lösen, oder doch Lösungen dieser Substanzen zugesetzt werden konnten.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass die Lage der Streifen immer gleich nach dem Zusammengiessen der Lösungen beobachtet wurde, da manche der Substanzen in den Lösungsmitteln mit der Zeit Veränderungen erlitten.

---

## 1. Chlorophyll.

Eine Lösung von Chlorophyll wird bekanntlich unter dem Einfluss von Licht mit der Zeit verändert und durch geringe Mengen chemischer Agentien zersetzt. — Bei diesen Veränderungen erweist sich der Absorptionsstreif der Chlorophylllösung, welche dem rothen Ende des Spectrums am nächsten liegt, (Nr. 1 nach der gewöhnlichen Bezeichnung) als der beständigste. Ich habe mich daher auf die Bestimmung der Lage dieses Streifens beschränkt.

Es wurde das Chlorophyll aus Blättern mit Alcohol, Aether oder Chloroform ausgezogen.

Aus der grossen Zahl der Versuche, die ich anstellte theile ich nur die folgenden mit.

Es wurden je 2 Cub.-Cent. alcoholischer Chlorophyll-lösung mit 10 Cub.-Cent. eines der andern Lösungsmittel versetzt. Die Dicke der durchstrahlten Schichte betrug $10^{mm}$; benutzt wurde der Spectralapparat von Merz.

Bezeichnet man die Mitte des Absorptionsstreifens in derjenigen Lösung, welcher Aether zugesetzt war mit 0, so lag die Mitte des Streifens bei Zusatz der andern Medien an folgenden Stellen:

| | |
|---|---|
| Aether . . . . . . . | 0.0 |
| Aceton . . . . . . . | 1.2 |
| Alcohol . . . . . . . | 3.2 |
| Amylalcohol . . . . | 4.9 |
| Chloroform . . . . . . | 6.8 |
| Benzol . . . . . . . | 7.3 |
| Cassiaöl . . . . . . . | 13.6 |
| Schwefelkohlenstoff . . | 18.6 |

Die Zahlen geben Ganze und Zehntel der Theile des Schraubenkopfes der messenden Schrauben am Merz'schen Spectralapparat.

Ein Steigen der Zahlen entspricht einem Fortrücken nach dem rothen Ende des Spectrums.

Jede der Zahlen ist, wie bereits oben bemerkt wurde, das Mittel aus 10 Einstellungen.

Sämmtliche anderen Versuche, welche über die Lage des ersten Absorptionsstreifen des Chlorophyll in den verschiedenen Lösungsmitteln angestellt wurden, zeigten dass sich die Medien bezüglich ihrer Fähigkeit, die Streifen nach Roth zu verschieben, in die angegebene Reihenfolge ordnen lassen.

Ligroin und Toluol wurden nicht benuzt, da die Lösung nicht ganz klar blieb; desgleichen auch Methylalcohol, da

bei Zusatz dieses Mediums eine Veränderung des Farbstoffes einzutreten schien.

### 2. Anilingrün.

Die benutzte Substanz war eine als Anilingrün bezeichnete Anilinfarbe von Marquardt in Bonn. Dieselbe zeigt einen breiten Absorptionsstreifen, dessen Mitte bei schwacher Concentration ganz nahe bei C liegt.

Die Zahl von Versuchsreihen die mit dieser Substanz angestellt wurde ist nicht gross, da sich ergab, dass die Versuchsresultate mit denjenigen, welche die anderen Substanzen zeigten, im Allgemeinen in guter Uebereinstimmung waren.

Nur die Lösungen bei Zusatz von Chloroform, Amylalcohol und Ligroin wurden mehrfach untersucht.

2$^{ccm}$ Lösung Anilingrün in Alcohol wurden mit 10$^{ccm}$ der anderen Lösungsmittel versetzt. Die Lösung war so schwach concentrirt, dass bei 13$^{mm}$ durchstrahlter Schicht der Absorptionsstreif noch ziemlich schmal war.

Die Mitte des Streifens bei Zusatz von Methylalcohol ist mit Null bezeichnet.

Benutzt wurde Apparat von Merz und Lampenlicht. Die Zahlen geben Theile der Trommel der messenden Schraube. Steigen der Zahlen, entspricht Verschiebung nach Roth.

| | |
|---|---|
| Methylalcohol . . . . | 0.0 |
| Aceton . . . . . . . | 1.6 |
| Alcohol . . . . . . . | 8.4 |
| Aether . . . . . . . | 11.3 |
| Chloroform . . . . . | 12.7 |
| Amylalcohol . . . . | 14.3 |
| Ligroin . . . . . . . | 19.5 |
| Benzol . . . . . . . | 22.4 |
| Toluol . . . . . . . | 25.4 |
| Cassiaöl . . . . . . . | 29.4 |
| Schwefelkohlenstoff . . | 41.2 |

Der absolute Betrag der Verschiebung ist hier beträchtlich grösser, als beim Chlorophyll.

Die Mitte des Streifens ist bei Schwefelkohlenstoff im Vergleich zur Lage desselben bei Methylalcohol um fast $^2/_3$ des Intervalls der Linien B und C nach Roth gerückt.

### 3. Cyanin.

Mit Cyanin wurden eine grosse Zahl von Versuchen angestellt, einmal weil der Streifen in Cyanin sich sehr gut und scharf einstellen liess, dann weil Cyanin in einem grossen Theil der Lösungsmittel direct lösbar ist. Es löst sich sehr gut in Alkohol und Chloroform, ziemlich gut in Cassiaöl, entfärbt sich aber mit der Zeit in Letzterem. Merklich weniger gut löst es sich in Benzol und $CS_2$ und noch etwas weniger in Aether.

Es wurden zunächst Lösungen des Cyanin in Alcohol und Chloroform benützt und diesen gleiche Mengen der anderen Lösungsmittel zugesetzt. Die Reihenfolge der Lösungsmittel bezüglich der Verschiebung des Absorptionsstreifens ergab sich durchaus gleich, mochte das Cyanin ursprünglich in Alcohol oder in Chloroform gelöst sein.

Die Reihenfolge der Substanzen giebt folgender Versuch:

1 $^{ccm}$ Cyanin in Alcohol wurde mit 10 $^{ccm}$ der anderen Lösungsmittel versetzt. Es wurde das Merz'sche Spectroscop und Lampenlicht benutzt.

Die Mitte des Streifens bei Zusatz von Methylalcohol ist mit 0.0 bezeichnet; die Zahlen geben Theile der Schraubentrommel:

| | |
|---|---|
| Methylalcohol . . . . | 0.0 |
| Aceton . . . . . . . . | 2.4 |
| Alcohol . . . . . . . . | 3.7 |
| Aether . . . . . . . . | 7.5 |
| Amylalcohol . . . . | 12.7 |

| | |
|---|---|
| Ligroin . . . . . . . | 15,4 |
| Chloroform . . . . . | 31,1 |
| Benzol . . . . . . . | 34.2 |
| Cassiaöl . . . . . . . | 38.0 |
| Schwefelkohlenstoff . . | 49.8 |

Der Abstand der beiden Frauenhofer'schen Linien D und C beträgt bei diesem Apparat beiläufig 2 Schraubenumgänge, es ist mithin die Mitte des Streifens bei Schwefelkohlenstoff um ungefähr ¹/₄ der Distanz der Linien C und D nach Roth gegen die Lage des Absorptionsstreifens beim Methylalcohol gerückt. Bei einem anderen Versuch wurden 4 ccm alcoholischer Cyaninlösung mit 6 ccm der anderen Lösungsmittel versetzt. Benutzt wurden das Thalliumprisma und dazu der Messapparat von dem Merz'schen Spectroscop.

Die Lage der Mitte des Streifens bei Methylalcohol ist wieder mit 0.0 bezeichnet. Es ergab sich die Lage der Mitte des Streifens bei Zusatz der anderen Medien folgendermassen:

| | |
|---|---|
| Methylalcohol . . . . | 0.0 |
| Wasser . . . . . . . | 0.0 |
| Aceton . . . . . . . | 2.8 |
| Alcohol . . . . . . . | 3.5 |
| Aether . . . . . . . | 4.0 |
| Amylalcohol . . . . | 5.3 |
| Ligroin . . . . . . . | 5.4 |
| Chloroform . . . . . | 11.4 |
| Toluol . . . . . . . | 11.7 |
| Benzol . . . . . . . | 11.8 |
| Cassiaöl . . . . . . . | 13.2 |
| Schwefelkohlenstoff . . | 16.0 |

Es wurde sodann festes Cyanin direct in den verschiedenen Mitteln gelöst und dann die Lage der Streifenmitte bestimmt. Es war hier nicht möglich die Concentration gleich zu machen, da man die für diese Versuche erforder-

liche kleine Cyaninmenge ohne allzugrosse und unnütze Mühe nicht genau abwägen kann.

Es wurde daher die Concentration nur nach dem Augenschein gleich gemacht und dann die Dicke der vor dem Spectralapparat durch die Lichtstrahlen zu durchlaufenden Schicht so regulirt, dass die Absorptionsstreifen in den verschiedenen Lösungsmitteln möglichst gleiche Breite zeigten.

Von den betreffenden Versuchen möge der folgende als Beispiel genommen werden. — Wird die Mitte des Streifens bei Lösung in Alcohol mit 0 bezeichnet, so lag dieselbe bei den übrigen Lösungsmitteln an den folgenden Stellen. Benutzt wurde das Merz'sche Spectroscop.

| | | |
|---|---|---|
| Bei Lösung in | Alcohol . . . . | 0.0 |
| | Aether . . . . | 2.9 |
| | Chloroform . . . | 36.9 |
| | Benzol . . . . | 44.3 |
| | Cassiaöl . . . . | 47.0 |
| | Schwefelkohlenstoff | 76 8 |

Alle Versuche, die überhaupt angestellt wurden, ergaben, dass die Substanzen sich bezüglich des Vermögens, den Absorptionsstreifen des Cyanin nach Roth zu schieben, stets in der Reihenfolge ordnen wie es im Versuch auf der vorhergehenden Seite angegeben ist.

## 4. Fuchsin.

Die Untersuchung von Fuchsin erfordert grössere Vorsicht. Zunächst ist sehr darauf zu achten, dass das Fuchsin nicht beim Zumischen eines anderen Lösungsmittels ausfällt. Das Ausfallen des festen Fuchsin geschieht zuweilen in so feiner Vertheilung, dass es schwer zu erkennen ist, ob man es noch mit einer wirklichen Lösung oder bereits mit festen in der Flüssigkeit schwebenden Partikelchen zu thun hat.

Sodann hat Fuchsin nicht e i n e n, sondern wie bereits

bemerkt, 2 Apsorptionsstreifen.*) Bei ganz schwacher Concentration sieht man nämlich einen schmalen Streifen ziemlich in der Mitte zwischen D und E; wächst die Concentration oder die Dicke der Schicht, so verbreitet sich derselbe nicht continuirlich nach Blau, sondern es tritt hinter E eine stärkere Verdunkelung auf, die von dem Dunkelheitsmaximum zwischen D und E durch einen etwas weniger dunklen Raum getrennt ist. Bei noch stärkerer Concentration verschmelzen die Streifen zu einem einzigen. Die Zweitheilung tritt bei allen Lösungsmitteln nicht mit gleicher Klarheit auf und ist es bei dem mehr oder minder scharfen Hervortreten derselben zuweilen recht schwer wirklich die Mitte der absorbirten Stelle einzustellen.

Die Beobachtungen bei Fuchsin zeigten daher auch grössere Abweichungen unter einander als die Beobachtungen mit den anderen Substanzen.

Es gelang mir indess doch mit ziemlicher Sicherheit durch geeignete Combination der Versuche die Reihenfolge festzustellen, in welche die Körper sich bezüglich der Lage der Mitte des Absorptionsstreifens anordnen.

Bei jedem der nachfolgenden Medien der hier folgenden Reihe liegt die Mitte des Absorptionsmaximums weiter nach Roth als bei dem vorhergehenden:

Wasser,
Methylalalcohol,
Aceton,
Alcohol,
Aether,
Choroform,
Amylalcohol,
Ligroin,
Benzol,

*) Pogg. Annalen Bd. 145, pag. 79.

Toluol,
Cassiaöl,
Schwefenkohlenstoff.

### 5. Chinizarin.

Das benutzte Chinizarin erhielt ich vom Herrn Prof. Baeyer. Es zeigt diese Substanz*) in ätherischer Lösung 2 gut markirte Absorptionsstreifen, den ersten bei der Linie b, den andern mitten zwischen b und F und einen dritten matteren Streifen ungefähr bei F.

Für die Versuche wurde das Chinizarin in Chloroform gelöst, da sich die alcoholische Lösung bei Zusetzung von Aceton und Methylalcohol, vielleicht in Folge geringer Verunreinigungen dieser Körper, zersetzt. Die Lösung in Chloroform zeigte die beiden ersten Absorptionsstreifen gut und deutlich. Beim Zusatz der anderen Mittel zu der Lösung in Chloroform war die Schärfe der Streifen sehr verschieden, mit Benzol und Toluol waren sie sehr matt und wenig hervortretend mit Aether, Ligroin und $CS_2$ waren sie dagegen scharf markirt.

Es wurde sowohl die Mitte der einzelnen Streifen, wie das Helligkeitsmaximum zwischen den dunklen Streifen eingestellt.

Als Beleg für die Grösse der Verschiebungen mögen folgende 2 Versuche dienen.

$2^{ccm}$ Chinizarin in Chloroform wurden mit $10^{ccm}$ der übrigen Lösungsmittel versetzt. Benutzt wurde das Thalliumprisma und der Messapparat vom Merz'schen Spectroscop.

Das Helligkeitsmaximum zwischen den beiden ersten dunklen Streifen wurde eingestellt.

Bezeichnet man die Mitte dieses Helligkeitsmaximums bei Zusatz von Methylalcohol mit 0.0, so war die Mitte

*) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1873 pag. 511

bei Zufügung der anderen Lösungsmittel um die folgenden Schraubentheile nach Roth gerückt:

| | |
|---|---|
| Methylalcohol . . . . | 0.0 |
| Aceton . . . . . . . | 0.8 |
| Aether . . . . . . . | 2.6 |
| Alcohol . . . . . . . | 4.0 |
| Amylalcohol . . . . | 6.3 |
| Chloroform . . . . . | 8.3 |
| Benzol . . . . . . . | 9.3 |
| Cassiaöl . . . . . . . | 11.3 |
| Schwefelkohlenstoff . . | 20.5 |

Bei dem folgenden Versuch wurde die Mitte des ersten dunklen Streifens eingestellt. Es wurde die gleiche Anordnung des Apparates wie oben benutzt, und wieder 2 ccm Chinizarin in Chloroform mit 10 ccm der übrigen Medien vermischt. Bezeichnet man die Mitte des Streifens bei Aceton mit 0, so war die Verschiebuug nach Roth bei den anderen Lösungsmitteln in Theilen der Trommel der Schraube die folgende:

| | |
|---|---|
| Aceton . . . . . . . | 0.0 |
| Aether . . . . . . . | 1.9 |
| Alcohol . . . . . . . | 3.0 |
| Ligroin . . . . . . . | 5.4 |
| Amylalcohol . . . . | 6.1 |
| Chloroform . . . . . | 10.2 |
| Toluol . . . . . . . | 11.7 |
| Benzol . . . . . . . | 13.0 |
| Cassiaöl . . . . . . . | 16.7 |
| Schwefelkohlenstoff . . | 21.2 |

## 6. Eigelb.

Der gelbe Farbstoff des Hühnereidotters wurde mit Chloroform ausgezogen.

Bei schwacher Concentration sieht man zwischen E und

b einen wenig dunklen Streifen; einen dunkleren gerade bei F und einen ebensolchen etwa in der Mitte zwischen F und G; noch weiter nach Violett zeigt sich die Andeutung eines 4. Absorptionsstreifens. Bei starker Concentration bemerkt man nur den Streifen zwischen E und b; der ganze blaue und violette Theil des Spectrums ist absorbirt.

Setzt man zur Lösung in Chloroform die andern Lösungsmittel, so findet man auch hier, wie beim Chinizarin ziemlich auffällige Unterschiede in der Ausdehnung der Absorptionsstreifen und der Helligkeitsvertheilung in denselben.

Beim Zusatz von Cassiaöl ist zum Beispiel der Absorptionsstreifen zwischen b und E fast kaum zu erkennen.

Bei einzelnen Versuchen wurde die Mitte eines der Absorptionsstreifen, bei anderen die Mitte des Helligkeitsmaximums zwischen 2 Absorptionsstreifen eingestellt.

Die Reihenfolge in welcher die verschiedenen Lösungsmittel die Absorptionsmaxima nach Roth verschieben und die relative Grösse dieser Verschiebungen ergiebt sich aus folgendem Versuch:

Es wurden 3 $^{ccm}$ der Lösung des Eigelbfarbstoffes in Chloroform mit 6 $^{ccm}$ der anderen Lösungsmittel versetzt. Es wurde die Mitte des Streifens bei F eingestellt.

Benutzt wurde das Thalliumprisma und der Messapparat vom Merz'schen Spectroscop.

Die Lage der Mitte des Streifens bei Methylalcohol ist mit 0 bezeichnet.

Es ergab sich:

| | |
|---|---|
| Methylalcohol . . . . | 0.0 |
| Aceton . . . . . . . | 0.4 |
| Aether . . . . . . . | 3.1 |
| Alcohol . . . . . . . | 4.4 |
| Amylalcohol . . . . | 6.0 |
| Ligroin . . . . . . . | 7.0 |

| | |
|---|---|
| Chloroform . . . . . | 7.5 |
| Toluol . . . . . . . | 10.2 |
| Benzol . . . . . . . | 11.9 |
| Cassiaöl . . . . . . . | 23.2 |
| Schwefelkohlenstoff . . | 41.2 |

---

In der nachfolgenden tabellarischen Uebersicht sind die sämmtlichen Versuche zusammengestellt; unter jeder absorbirenden Substanz sind in einer vertikalen Columne die Lösungsmittel in der Reihe hingeschrieben, dass in jedem nachfolgenden der Absorptionsstreif weiter nach Roth liegt als in dem vorangehenden. — (Siehe Tabelle I).

Aus dieser Zusammenstellung ersieht man, dass die Reihenfolge der Lösungsmittel für die verschiedenen absorbirenden Medien freilich nicht genau dieselbe ist, doch ist eine Uebereinstimmung der Vertikalcolumnen im Grossen und Ganzen nicht zu verkennen.

Theilen wir die Lösungsmittel in 4 Gruppen, so stehen zu oberst stets Methylalcohol, Aceton, Alcohol, Aether, dann folgen als 2. Gruppe Chloroform, Amylalcohol, Ligroin; dann als dritte Abtheilung Toluol und Benzol und endlich als 4. Cassiaöl und Schwefelkohlenstoff.

Innerhalb dieser 4 Gruppen kommen Vertauschungen der Lösungsmittel in den verschiedenen Vertikalcolumnen vor, so steht z. B. bei Chlorophyll Aether über Aceton, rückt dann bei Anilingrün, Cyanin und Fuchsin unter Alcohol und steigt bei Chinizarin und Eigelb wieder über Alcohol. Ebenso sind Chloroform und Amylalcohol mehrere Male vertauscht; bei Fuchsin steht Toluol unter Benzol während es sonst stets darüber steht. Es tritt indessen in keiner der Columnen eine Substanz aus einer der 4 Gruppen, in die wir allerdings ziemlich willkührlich die Medien theilten, in eine andere hinein.

Aus der im Grossen und Ganzen vorhandenen Uebereinstimmung der Vertikalcolumnen scheint jedenfalls zur

**Tabelle I.**

| Chlorophyll. | Anilingrün. | Cyanin. | Fuchsin. | Chinizarin. | Eigelb. |
|---|---|---|---|---|---|
| Aether | Methylalcohol | Methylalcohol | Wasser | Methylalcohol | Methylalcohol |
| Aceton | Aceton | Aceton | Methylalcohol | Aceton | Aceton |
| Alcohol | Alcohol | Alcohol | Aceton | Aether | Aether |
| Amylalcohol | Aether | Aether | Alcohol | Alcohol | Alcohol |
| Chloroform | Chloroform | Amylalcohol | Aether | Amylalcohol | Amylalcohol |
| Benzol | Amylalcohol | Ligroin | Chloroform | Chloroform | Ligroin |
| Cassiaöl | Ligroin | Chloroform | Amylalcohol | Toluol | Chloroform |
| Schwefel-kohlenstoff | Toluol | Toluol | Ligroin | Benzol | Toluol |
| | Benzol | Benzol | Benzol | Cassiaöl | Benzol |
| | Cassiaöl | Cassiaöl | Toluol | Schwefel-kohlenstoff | Cassiaöl |
| | Schwefel-kohlenstoff | Schwefel-kohlenstoff | Cassiaöl | | Schwefel-kohlenstoff. |
| | | | Schwefel-kohlenstoff | | |

Genüge hervorzugehen, dass die Verschiebung der Absorptionsstreifen nicht lediglich oder hauptsächlich durch chemische Wirkung der Lösungsmittel auf den Farbstoff, hervorgebracht ist; denn es ist kaum einzusehen, wie die Lösungsmittel Farbstoffe von der verschiedensten Zusammensetzung übereinstimmend chemisch derartig verändern sollten, dass die absorptiven Eigenschaften dieser Farbstoffe so gleichmässige und allmählig fortschreitende Veränderungen erlitten. Es müssen vielmehr physikalische Eigenschaften der Lösungsmittel sein, welche diese allmählige Verschiebung bedingen.

Von den physikalischen Constanten der Medien können hier nun nicht wohl andere als die Dichte, der Brechungsexponent und die Dispersion in Betracht kommen. Die genannten Constanten wurden daher ermittelt.

Die Bestimmung der Dichte, wurde mit sehr guten Aräometern von Geissler in Berlin und Sekretan in Paris vorgenommen.

Die Bestimmungen wurden bei circa 18° Cels. ausgeführt und ergaben geordnet nach der Grösse:

**Tabelle II.**

| | D. |
|---|---|
| Ligroin | 0,687 |
| Aether | 0,713 |
| Alcohol | 0,800 |
| Methylalcohol | 0,802 |
| Amylalcohol | 0,819 |
| Aceton | 0,846 |
| Toluol | 0,871 |
| Benzol | 0,885 |
| Wasser | 0,997 |
| Cassiaöl | 1,035 |
| Schwefelkohlenstoff | 1,272 |
| Chloroform | 1,501 |

Durch Vergleichung dieser Tabelle mit der Tabelle Nr. 1 sieht man sofort, dass die Dichte des Lösungsmittels direct in keiner Weise für die Verschiebung der Absorptionsstreifen bedingend ist. Die Anschauung von Kraus*) ist mithin, wie ich bereits früher angegeben habe, irrig. — Besonders Ligroin, und Chloroform sind in Bezug auf die Dichte von Interesse. Bei Benutzung von Ligroin müssten die Streifen einer absorbirenden Substanz sehr weit nach Blau, bei Benutzung von Chloroform sehr weit nach Roth gerückt sein, sollte die Dichte des Lösungsmittels allein massgebend sein.

In Wirklichkeit zeigen die Absorptionsstreifen bei Anilingrün, Cyanin, Fuchsin und Eigelb keine beträchtliche Verschiebung bei Vertauschung von Ligroin und Chloroform als Lösungsmittel, während dagegen in den Alcoholen, die ein beträchtlich höheres specifisches Gewicht haben als Ligroin die Streifen weiter nach Blau und für Cassiaöl und $CS_2$, die eine wesentlich kleinere Dichte als Chloroform haben, die Streifen nach Roth gerückt sind.

Ausser der Dichte wurde sodann von den Lösungsmitteln die Brechung und Dispersion bestimmt. Die Bestimmung der Brechungsexponenten geschah mit einem grossen Spectrometer von Meyerstein.

Die Flüssigkeiten wurden in Hohlprismen von Steinheil oder Meyerstein, deren Construction bekannt ist, eingeschlossen.

Die Brechungsexponenten wurden bei einer mittleren Temperatur von 15° für die Frauenhoferschen Linien A, $\alpha$, B, C, D, E, b, F, G, H bestimmt.

Aus den Werthen für B und G, bei Cassiaöl für B

*) Zur Kenntniss der Chlorophyllfarbstoffe pag. 53.

und D wurden sodann unter Annahme der einfachen Dispersionsformel

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

die Constanten a und b berechnet. Zur Controlle wurden mit Hülfe von a und b die Werthe von n für die übrigen Frauenhoferschen Linien berechnet.

Hierbei ist zu bemerken, dass eigentlich nur für die schwächer dispergirenden Substanzen die Anwendung der obigen Formel berechtigt ist, insofern nur bei ihnen die Differenz zwischen beobachteten und berechneten Brechungsexponenten 1 bis 2 Einheiten der 4. Decimale nicht überschreitet, also sich nahe der Gränze der Beobachtungsfehler hält, während bei den stärker dispergirenden Medien (Toluol, Benzol, Cassiaöl, Schwefelkohlenstoff) die Differenz zwischen beobachteten und berechneten Werthen grösser ist, und in einigen Fällen bis zu 2 Einheiten der 3. Decimale wächst.

Da es sich indessen für den vorliegenden Fall wesentlich nur darum handelt die Medien nach der Grösse der Brechung und Dispersion zu ordnen und die oben genannten stärker dispergirenden Substanzen schon beträchtliche Unterschiede in der Dispersion zeigen, wenn man die Brechungsexponenten bei der 3. Decimale abbricht, so schien hier die Berechnung aller Beobachtungen nach der einfachen Formel

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

ausreichend zu sein. Als Wellenlängen wurden für die Rechnung die folgenden Werthe genommen:

A 7604
B 6868
C 6560
D 5880
E 5269

F 4860
G 4306
H 3967

Die Werthe sind gegeben in Zehnmilliontel Millimeter. In derselben Längeneinheit ist in den folgenden Tabellen die Constante b ausgedrückt.

Ausser den Constanten a und b ist sodann noch das specifische Brechungsvermögen $\frac{a^2-1}{D}$ und der Werth $\frac{a-1}{D}$ ausgerechnet.

Für Wasser ist die Dispersion nicht bestimmt; ich habe für diese Substanz die Zahlen von Wüllner genommen.

Ich lasse nun zunächst die Dispersionsbeobachtungen mit den Rechnungsresultaten folgen. Die Tabellen werden ohne weitere Erläuterungen verständlich sein.

### 1. Methylalcohol.

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | 1,3290 | 1,3291 |
| α | 1,3297 | — |
| B | 1,3302 | 1,3302 |
| C | 1,3308 | 1,3308 |
| D | 1,3326 | 1,3323 |
| E | 1,3344 | 1,3344 |
| b | 1,3348 | — |
| F | 1,3362 | 1,3362 |
| G | 1,3394 | 1,3394 |
| H | 1,3421 | 1,3422 |

$a = 1,32417$

$b = 0,028320$

$D = 0,802$

$$\frac{a-1}{D} = 0,404$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 0,940$$

## 2. Aceton.

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | 1,3577 | 1,3577 |
| $\alpha$ | 1,3584 | — |
| B | 1;3591 | 1,3591 |
| C | 1,3598 | 1,3598 |
| D | 1,3617 | 1,3617 |
| E | 1,3641 | 1,3641 |
| b | 1,3645 | — |
| F | 1,3662 | 1,3663 |
| G | 1,3702 | 1,3702 |
| H | 1,3735 | 1,3735 |

a = 1,351187

b = 0,034064

D = 0,846

$$\frac{a-1}{D} = 0{,}416$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 0{,}978$$

## 3. Alcohol.

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | 1,3596 | 1,3596 |
| $\alpha$ | 1,3602 | — |
| B | 1,3609 | 1,3609 |
| C | 1,3615 | 1,3615 |
| D | 1,3633 | 1,3633 |
| E | 1,3656 | 1,3656 |
| b | 1,3660 | — |
| F | 1,3675 | 1,3676 |
| G | 1,3713 | 1,3713 |
| H | 1,3745 | 1,3744 |

a = 1,35409

b = 0,031925

D = 0,800

$$\frac{a-1}{D} = 0{,}445$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 1{,}042$$

## 4. Aether.

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | 1,3550 | 1,3551 |
| α | 1,3558 | — |
| B | 1,3565 | 1,3565 |
| C | 1,3573 | 1,3572 |
| D | 1,3594 | 1,3592 |
| E | 1,3618 | 1,3617 |
| b | 1,3626 | — |
| F | 1,3641 | 1,3640 |
| G | 1,3681 | 1,3681 |
| H | 1,3713 | 1,3715 |

a = 1,34896

b = 0,35500

D = 0,713

$$\frac{a-1}{D} = 0{,}489$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 1{,}149$$

## 5. Amylalcohol.

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | 1,3989 | 1,3991 |
| α | 1,3999 | — |
| B | 1,4005 | 1,4005 |
| C | 1,4012 | 1,4013 |
| D | 1,4033 | 1,4034 |
| E | 1,4059 | 1,4060 |
| b | 1,4064 | — |
| F | 1,4082 | 1,4084 |
| G | 1,4127 | 1,4127 |
| H | 1,4158 | 1,4163 |

a = 1,39263

b = 0,037211

D = 0,819

$$\frac{a-1}{D} = 0{,}480$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 1{,}147$$

**6. Ligroin.**

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | 1,3857 | 1,3857 |
| $\alpha$ | 1,3865 | — |
| B | 1,3872 | 1,3872 |
| C | 1,3880 | 1,3879 |
| D | 1,3900 | 1,3900 |
| E | 1,3927 | 1,3927 |
| b | 1,3932 | — |
| F | 1,3951 | 1,3951 |
| G | 1,3995 | 1,3995 |
| H | 1,4031 | 1,4031 |

a = 1,37916

b = 0,37730

D = 0,687

$$\frac{a-1}{D} = 0{,}552$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 1{,}313$$

**7. Chloroform.**

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | 1,4440 | 1,4439 |
| $\alpha$ | 1,4449 | — |
| B | 1,4458 | 1,4458 |
| C | 1,4467 | 1,4467 |
| D | 1,4492 | 1,4494 |
| E | 1,4525 | 1,4527 |
| b | 1,4532 | — |
| F | 1,4554 | 1,4557 |
| G | 1,4611 | 1,4611 |
| H | — | — |

a = 1,43584

b = 0,46866

D = 0,501

$$\frac{a-1}{D} = 0{,}290$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 0{,}707$$

**8. Toluol.**

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | 1,4923 | 1,4920 |
| $\alpha$ | 1,4939 | — |
| B | 1,4954 | 1,4954 |
| C | 1,4970 | 1,4971 |
| D | 1,5014 | 1,5019 |
| E | 1,5074 | 1,5081 |
| b | 1,5085 | — |
| F | 1,5124 | 1,5135 |
| G | 1,5235 | 1,5235 |
| H | 1,5331 | 1,5318 |

$a = 1,47711$

$b = 0,086031$

$D = 0,871$

$$\frac{a-1}{D} = 0,548$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 1,356$$

**9. Benzol.**

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | 1,4905 | 1,4904 |
| $\alpha$ | 1,4923 | — |
| B | 1,4939 | 1,4939 |
| C | 1,4955 | 1,4957 |
| D | 1,5002 | 1,5008 |
| E | 1,5066 | 1,5073 |
| b | 1,5078 | — |
| F | 1,5124 | 1,5130 |
| G | 1,5234 | 1,5234 |
| H | 1,5329 | 1,5321 |

$a = 1,47471$

$b = 0,090338$

$D = 0,885$

$$\frac{a-1}{D} = 0,537$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 1,329$$

**10. Cassiaöl.**

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | — | — |
| $\alpha$ | — | — |
| B | 1,5659 | 1,5659 |
| C | 1,5690 | 1,5694 |
| D | 1,5780 | 1,5793 |
| E | 1,5905 | 1,5919 |
| b | 1,5910 | — |
| F | 1,6029 | 1,6029 |
| G | — | — |
| H | — | — |

a = 1,52878

b = 0,175138

D = 1,035

$$\frac{a-1}{D} = 0{,}511$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 1{,}292$$

**11. Schwefelkohlenstoff.**

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| A | 1,6059 | 1,6050 |
| $\alpha$ | 1,6094 | — |
| B | 1,6122 | 1,6122 |
| C | 1,6155 | 1,6160 |
| D | 1,6248 | 1,6263 |
| E | 1,6376 | 1,6397 |
| b | 1,6401 | — |
| F | 1,6494 | 1,6497 |
| G | 1,6729 | 1,6729 |
| H | — | — |

a = 1,57294

b = 1,85412

D = 0,1272

$$\frac{a-1}{D} = 0{,}450$$

$$\frac{a^2-1}{D} = 1{,}158$$

Ordnet man auf Grundlage der vorstehenden Beobachtungen die 12 Lösungsmittel nach der Grösse des Werthes $\frac{a-1}{D}$, so erhält man die Reihe:

Chloroform
Wasser
Methylalcohol
Aceton
Alcohol
Schwefelkohlenstoff
Amylalcohol
Aether
Cassiaöl
Benzol
Toluol
Ligroin.

Ordnet man nach der Grösse des Werthes

$$\frac{a^2-1}{D}$$

so erhält man die Reihe:

Chloroform
Wasser
Methylalcohol
Aceton
Alcohol
Amylalcohol
Aether
Schwefelkohlenstoff
Cassiaöl
Ligroin
Benzol
Toluol

Beide Reihen zeigen nicht die mindeste Uebereinstimmung mit den Columnen der Tabelle I., in welcher die

Substanzen geordnet sind nach der Lage der Absorptionsstreifen.

Specifisches Brechungsvermögen oder brechende Kraft des Lösungsmittels ist also gleichfalls für die Verschiebung der Helligkeitsminima im Absorptionsspectrum nicht bedingend.

Ordnet man die Lösungsmittel dagegen nach der Grösse der Constanten a und b, so erhält man die folgenden Reihen:

**Tabelle III.**

| | a | | b |
|---|---|---|---|
| Methylalcohol | 1.324 | Methylalcohol | 0.0283 |
| Wasser | 1.325 | Wasser | 0.0305 |
| Aether | 1.349 | Alcohol | 0.0319 |
| Aceton | 1.352 | Aceton | 0.0341 |
| Alcohol | 1.354 | Aether | 0.0355 |
| Ligroin | 1.379 | Amylalcohol | 0.0372 |
| Amylalcohol | 1.393 | Ligroin | 0.0377 |
| Chloroform | 1.436 | Chloroform | 0.0469 |
| Benzol | 1.475 | Toluol | 0.0860 |
| Toluol | 1.477 | Benzol | 0.0903 |
| Cassiaöl | 1.523 | Cassiaöl | 0.1424 |
| Schwefelkohlenstoff | 1.573 | Schwefelkohlenstoff | 0.1854 |

Diese beiden Reihen stimmen wenigstens im Grossen und Ganzen mit den Columnen der Tabelle I, welche ja selbst nicht völlig unter einander übereinstimmen.

Wir theilten oben die Lösungsmittel in 4 Gruppen; in die erste fassten wir zusammen, Wasser, Methylalcohol, Alcohol, Aceton und Aether, in die 2., Ligroin, Amylalcohol und Chloroform, in die 3., Benzol und Toluol, in die 4. Cassiaöl und Schwefelkohlenstoff; in dieselben 4 Gruppen können wir auch die Reihen der Tabelle III. theilen, in welcher die Medien nach der Grösse der Constanten a und b geordnet sind.

Man kann mithin als Resultat der ganzen Untersuchung den folgenden Satz aussprechen:

Hat ein farbloses Lösungsmittel ein beträchtlich grösseres Brechungs- und Dispersionsvermögen als ein anderes, so liegen die Absorptionsstreifen einer in den Medien gelösten Substanz bei Anwendung des ersten Mittels dem rothen Ende des Spectrums näher als bei Benutzung des zweiten.

Ein Medium, welches ein beträchlich grösseres Brechungsvermögen hat als ein anderes, besitzt in den meisten Fällen auch ein grösseres Dispersionsvermögen; es wird sich experimentell daher sehr schwer entscheiden lassen, ob das Brechungs- oder Dispersionsvermögen einer Substanz das Maassgebende für die Verschiebung des Absorptionsstreifens ist.

Die Betrachtungen die ich in meiner Mittheilung im Jubelband von Poggendorffs Annalen (l. c.) andeutete, hatten mich zu der Ansicht geführt, dass das ungleiche Dispersionsvermögen der Medien für die beobachteten Verschiebungen der Streifen massgebend sei.

Wie bereits bemerkt unterlasse ich es vorläufig die dort angedeuteten Anschauungen weiter auszuführen, da eine ganz strenge und in allen Fällen gültige Beziehung zwischen Brechung und Absorption in den oben mitgetheilten Versuchen nicht zu Tage tritt.

Bei meinen ersten Versuchen (Pogg. Jubelband l. c) hatte ich nur Substanzen angewendet, die beträchtliche Verschiedenheiten des Dispersionsvermögens zeigen. Damals konnte ich daher aussprechen, dass die bisherigen Versuche meiner Ansicht über Zusammenhang zwischen Dispersion der Lösungsmittel und Verschiebung der Absorptionsstreifen vollständig bestätigten.

Schliesslich will ich noch bemerken, dass ich ausser den oben behandelten 5 Farbstoffen noch eine Anzahl an-

derer in verschiedenen Lösungsmitteln untersucht habe. Ich fand stets, dass dasjenige Lösungsmittel, welches ein beträchlich grösseres Brechungs- und Dispersionsvermögen als ein anderes besitzt, die Absorptionsstreifen weiter nach Roth verschiebt als letzteres.

Zur Demonstration der Verschiebung der Streifen eignet sich besonders gut übermangansaures Kali und schwefelsaures Didym. Man erhält eine sehr deutliche Verschiebung, wenn man den wässrigen Lösungen dieser Salze Glycerin zusetzt.

Ich habe noch zu ermitteln versucht, ob eine Verschiebung eines Absorptionsstreifens auftritt, wenn gleichzeitig mit dem absorbirenden Farbstoff ein anderer farbloser Körper in einer Flüssigkeit gelöst wird.

Ich goss zu dem Ende wässrige Fuchsinlösungen mit wässrigen Lösungen solcher Salze zusammen, welche ohne chemische Einwirkung auf das Fuchsin sind.

Es wurde wohl zuweilen eine Verschiebung beobachtet, doch war dieselbe immer sehr klein. Eine grosse Verschiebung wird man allerdings auch nicht erwarten können, da Brechung und Dispersion der benutzten Salzlösungen von der des reinen Wassers nicht sehr verschieden sind.

---

Herr v. Pettenkofer legt vor und bespricht nachstehende Abhandlung:

„Vorläufige Mittheilung über das Verhalten der Milch auf Thonplatten und über eine neue Methode der Casein- und Fettbestimmung in der Milch."

Von Prof. Dr. Julius Lehmann.

Ein Jeder, der die bereits sehr zahlreichen, zur Prüfung der Milch vorgeschlagenen Methoden einer mit wissenschaftlicher Schärfe durchgeführten Controle unterworfen hat, ist zu der Erkenntniss gelangt, dass von allen denselben nur die quantitative chemische Analyse im Stande ist, über die Qualität der Milch derartig zu entscheiden, dass dadurch nicht allein den Zwecken der Wissenschaft, sondern auch — und zwar bei streitigen Fällen von Milchfälschungen — auch den der Gerichtsbehörden sichere Anhaltspuncte geboten werden können.

Leider ist jedoch die bisherige Art der Milch-Analyse sehr umständlich und zeitraubend, und gerade dieser Uebelstand verursacht eine in physiologischer und sanitätspolizeilicher Hinsicht viel geringere Anwendung derselben, als nach beiden Richtungen erforderlich wäre. Denn un edingt erforderlich wäre eine vermehrte Anwendung, um einestheils die so nöthige Kenntniss der innerhalb und ausserhalb des thierischen Organismus auf die Zusammensetzung der Milch

wirksamen Factoren beträchtlich zu erweitern, anderntheils aber auch der Controle des Milchmarktes denjenigen Grad von Sicherheit zu geben, welchen sie zu ihrer gewissenhaften und erfolgreichen Ausübung bedarf.

Bei den verhältnissmässig wenigen Arbeitskräften, die den meisten physiologischen und sanitätspolizeilichen Instituten zur Verfügung stehen, dürften daher Wissenschaft und Praxis auf die Lösung jener wichtigen Aufgaben noch lange Zeit vergeblich zu warten haben. Ganz anders und viel vortheilhafter würde sich dies gestalten, wenn es gelänge, die Methode der Milch-Analyse wesentlich zu vereinfachen, ohne jedoch dadurch der Exactheit der Resultate irgendwie Eintrag zu thun.

Von dieser Ansicht geleitet, habe ich mich längere Zeit mit dahin einschlägigen Untersuchungen beschäftigt und werde weiter unten den Beweis liefern, dass dies nicht ohne Erfolg geschehen ist.

Ich bin hierbei von einzelnen, von mir angestellten Versuchen über das Verhalten der Milch auf gebrannten, porösen Thonplatten ausgegangen. Sie hatten ergeben, dass von der Milch, welche vermittelst einer Pipette oder eines Spritzglases in einer zusammenhängenden Schicht bis ungefähr zu $2^{mm.}$ Stärke langsam auf solche Platten aufgetragen wird, nach Verlauf von 1 bis 2 Stunden ein scharf abgegrenzter, consistenter, schwach gelblich gefärbter, fettglänzender Beleg zurückbleibt. Derselbe lässt sich mit einem scharfen Hornspatel von der Platte in der Form feiner, durchscheinender Lamellen sehr leicht vollständig abtrennen. Schon nach einigem Stehen an nicht zu feuchter Luft, noch mehr aber beim Trockenen über Schwefelsäure werden dieselben so spröde, dass sie sich zwischen den Fingern zerbrechen lassen. Unter Einfluss von einigen 30° C. Wärme schwitzt Fett aus den Lamellen und überzieht deren ganze Oberfläche. Nach dem Auswaschen mit Aether bleibt eine weisse, durch-

scheinende, leicht pulverisirbare Masse zurück. Dieselbe besteht, nachdem sie vom Fett befreit ist, aus aschehaltigem Casein und sehr geringen Antheilen von Albumin und Milchzucker.

Vermittelst Thonplatten lässt sich daher das Casein und Fett von dem Serum der Milch trennen.[1]) Weiter hat sich bei meinen Versuchen über das Verhalten der Milch auf Thonplatten die bemerkenswerthe Thatsache herausgestellt, dass auf diese Weise das Casein sich mit den nämlichen Eigenschaften abscheidet, wie das durch Lab gefällte. Mit Wasser verrieben, quillt es zu einer weichen, flockigen Masse auf, die beim Filtriren durch Fliesspapier zurückbleibt. Nur mit Kalkwasser geht es wieder in den Zustand über, in welchem es ursprünglich in der Milch enthalten war. Es läuft dann mit dem Wasser durch das Filter und lässt sich mit Essigsäure in Flocken ausfällen. Enthält das Casein noch die Fettmengen, mit welchen es auf Thonplatten zurückgeblieben war, dann bildet es mit Kalkwasser verrieben wieder eine der Milch ganz ähnliche Flüssigkeit.

In diesem, sowie in dem mit Lab ausgeschiedenen Casein sind gleich grosse Aschenmengen, und zwar im Durchschnitt 8,5 Proc., während in dem mit Essigsäure gefällten Casein nur 1,8 Proc. Asche enthalten sind. In dem letzteren Casein ist der Hauptbestandtheil Dihydrocalciumphosphat, in den ersteren beiden Caseinen neutrales Tricalciumphosphat. Ueber die specielle Zusammensetzung dieser Aschen und über deren Einfluss auf die Eigenschaften des einen und anderen Caseins werde ich später ausführlich berichten.

Die obigen, über das Verhalten der Milch auf Thonplatten gemachten Beobachtungen dürften noch insofern

1) Vgl. auch F. W. Zahn's Versuche über die Filtration der Milch durch Thonzellen unter Druck. Archiv für die gesammte Physiologie von Pflüger, Bd. II. S. 590.

von einigem Interesse sein, als sie die in neuerer Zeit von Hoppe-Seyler, Soxhlet und Hammarsten ausgesprochene Ansicht, dass das Casein in der Milch nicht in einem gelösten, sondern nur in einem stark aufgequollenen Zustande enthalten sei, bestätigen. Denn wäre das Casein gelöst, so müsste es ebenso wie das Albumin mit dem Serum von den Thonplatten aufgesaugt werden. Dies findet aber nicht statt. Das Casein bleibt, wie ich weiter unten bestimmt beweisen werde, selbst auf verhältnissmässig recht porösen Thonplatten vollständig zurück, während das Albumin eingesaugt wird. Man könnte zwar hierbei den Einwurf machen, dass das Casein nicht durch seine in der Milch unlösliche Form, möglicherweise aber durch das Butterfett auf der Oberfläche zurückgehalten werde. Dieser Einwurf wird jedoch schon dadurch hinfällig, dass dann das Fett in gleicher Weise auf das Albumin einwirken müsste, was jedoch nicht der Fall ist.

Ferner geben die obigen Beobachtungen über das Fett in dem Rückstand auf Thonplatten Veranlassung, die Fettkügelchen in der Milch als frei von einer festen Hülle anzunehmen, weil schon bei geringer Wärme das Fett aus den Lamellen ausschwitzt und sich mit Aether leicht auswaschen lässt. Würden die Milchkügelchen eine Hülle haben, so könnte eine derartige Erscheinung nicht eintreten; sie müssten sich dann in dem Thonplattenrückstand gegen Wärme und Aether ebenso renitent verhalten, wie sie dies in der Milch thun. Ich hoffe, durch weitere Untersuchung dieses Thonplattenrückstandes die Natur der Milchkügelchen mit Sicherheit feststellen zu können.

Das ganze Verhalten der Milch auf Thonplatten führte mich nun zu der Ansicht, dass es wohl möglich sei, darauf eine neue Methode der quantitativen Bestimmung des in der Milch enthaltenen Caseins und Fettes zu gründen. Das erste Erforderniss hierzu war die Ausfündigmachung von Thonplatten,

deren Poren das Serum, aber nicht die Milchkügelchen und das Casein durchlassen, und die ausserdem so glatt auf ihrer Oberfläche sind, dass sich davon der Rückstand mit quantitativer Genauigkeit ablösen lässt. Von diesen Bedingungen musste vor Allem der Erfolg abhängig sein.

Die Milchkügelchen haben nach den Untersuchungen verschiedener Forscher einen Durchmesser von 0,001 bis 0,025 Millimeter. Es müssen daher die Poren der Thonplatten so fein sein, dass sie die kleinsten Milchkügelchen nicht einsaugen können. Trotzdem ich Thonplatten von den verschiedensten Firmen bezogen, habe ich bis jetzt nur von einer dieser Firmen einzelne Platten erhalten, welche den Anforderungen vollständig entsprachen. Mit diesen Platten wurden dann aber auch ganz exacte analytische Resultate erzielt. Damit ist immerhin der Beweis geliefert, dass es überhaupt möglich ist, Platten von geeigneter Beschaffenheit zu obigem Zwecke herzustellen. Ausserdem werden auch zu poröse Platten nachträglich noch mit einem Ueberzug versehen werden können, welcher ihnen die zweckentsprechende Beschaffenheit ertheilt.

Die Ausführung meiner Methode der Bestimmung des Caseins und Fettes in der Milch besteht in Folgendem:

Geeignete Thonplatten werden, nachdem sie einige Zeit bis auf oder über 100° erhitzt und wieder abgekühlt worden waren, bei schräger Haltung auf der glatten Oberfläche mit einem dünnen Strahl Wasser schnell übergossen und auf ein verhältnissmässig weites Glasgefäss gesetzt, dessen Boden mit einer dünnen Schicht conc. Schwefelsäure bedeckt ist. Die zu untersuchende Milch wird dann, nach vorheriger Verdünnung mit genau der gleichen Gewichtsmenge destillirten Wassers, vermittelst eines kleinen Spritzglases vorsichtig und in vollem Zusammenhange auf den mittleren Theil der Platte aufgetragen und, um Verdampf-

ung zu vermeiden, mit einem glattrandigen Glasschälchen bedeckt. [2])

Zur Bestimmung des Gewichtes der zu untersuchenden Milch wird vor und nach ihrem Auftragen das Spritzglas gewogen. Es genügen circa 9—10 grm. verdünnter Milch, um ein ganz sicheres analytisches Resultat zu erhalten. Damit man einen Anhaltspunct habe, nicht viel mehr oder weniger Milch zu nehmen, habe ich Spritzgläser in Cubikcentimeter-Theilung mit eingebrannten, schwarzen Linien herstellen lassen.

Das Serum von der oben angegebenen Menge verdünnter Milch wird schon nach Verlauf von 1—2 Stunden derartig von der Platte eingesogen, dass man den aus Casein und Fett bestehenden Rückstand vermittelst eines von mir zu diesem speciellen Zweck angegebenen und hier angefertigten starken, an der unteren Seite gut zugeschärften Hornspatels abnehmen und in ein gewogenes Uhrschälchen bringen kann. Dieser Rückstand wird dann bei 105° C. im Luftbade getrocknet — was stets nach 2 Stunden vollständig erfolgt ist — und gewogen. Man erhält auf diese Weise die gesammte Menge Casein und Fett als Trockensubstanz. Um darin jene beiden Bestandtheile getrennt zu bestimmen, wird die Trockensubstanz, ohne sie vorher pulverisirt zu haben, vermittelst einer Pincette auf ein gewogenes, bei 105° getrocknetes Filter gebracht und zuerst mit einer kleinen Menge Aether abgewaschen. Ist dies geschehen, so bringt man sie in einen kleinen, glatten, mit Ausguss versehenen Glasmörser und pulverisirt sie unter Einfluss einiger Tropfen absoluten Alcohols auf's feinste, setzt nun Aether zu, spült sie damit auf das Filter und wäscht sie bis zu ihrer vollständigen Befreiung vom Fett aus. Nach Verdampfung des

2) Diese Operationen sind zur vollständigen Absaugung des Serums unbedingt erforderlich. Theilweise Verdampfung der Milch an freier Luft ist zu vermeiden.

abfiltrirten, alcoholhaltigen Aethers bleibt in dem vorher gewogenen Kölbchen das Fett zurück, was nach genügendem Austrocknen gewogen wird.

Um das Casein zu bestimmen, braucht man nur das Filter plus Rückstand wieder bei der oben angegebenen Temperatur so lange auszutrocknen, bis es nicht mehr an Gewicht verliert. Da aber in dem Casein noch ziemlich beträchtliche Antheile von Asche enthalten sind, so muss auch diese speciell bestimmt und in Abrechnung gebracht werden. Das auf angegebene Weise erhaltene Casein ergibt bei der Verbrennung mit Natronkalk, auf aschefreie Substanz berechnet, im Mittel 15,57 Proc. Stickstoff. Bei vergleichenden Versuchen mit der Methode von Hoppe-Seyler wird nach der meinigen stets etwas mehr Casein erhalten und zwar um so viel mehr, als nach jener Methode durch Auswaschen des mit Essigsäure erzeugten Niederschlags wieder löslich wird. Ausserdem sind, wie ich gefunden habe, in dem Casein nach Hoppe-Seyler stets im Durchschnitt noch 1,8 Proc. Asche, welche man bis jetzt gar nicht berücksichtigt hatte.

In wie weit die neue Art der Bestimmung des Fettes und Caseins geeignet ist, den analytischen Anforderungen zu entsprechen, wird aus beifolgender Zusammenstellung der Resultate ersichtlich werden, welche ich bei der Untersuchung verschiedener Milchproben sowohl nach meiner als auch gleichzeitig nach der bis jetzt allgemein üblichen Methode [3]) erzielt habe.

### A. Fettbestimmungen

| in den Milchpr. | nach der gewöhnl. Methode | auf Thonplatten von geeigneter Porosität | Differenz |
|---|---|---|---|
| II | 2,97 Proc. | 3,01 Proc. | plus 0,04 |
| IIb | 2,04 „ | 1,99 „ | minus 0,05 |
| III | 3,58 „ | 3,58 „ | — — |
| IIIb | 3,30 „ | 3,26 „ | minus 0,04 |

3) Fettbestimmungen durch Eindampfen der Milch mit Seesand oder Marmorpulver, Trockenen des Rückstandes bei 100° C. und 6stündiges

Fettbestimmungen

| in den Milchpr. | nach der gewöhnl. Methode | auf Thonplatten von zu grosser Porosität | Differenz |
|---|---|---|---|
| I | 2,92 Proc. | 2,28 Proc. | minus 0,64 |
| IV | 3,10 „ | 2,47 „ | „ 0,63 |
| V | 3,24 „ | 2,46 „ | „ 0,78 |
| VI | 3,10 „ | 2,73 „ | „ 0,37 |

Beim Vergleich der beiden vorderen Zahlenreihen der ersten Abtheilung wird ersichtlich, dass die auf zweckentsprechenden Thonplatten erzielten Resultate im Vergleich zu den nach der gewöhnlichen Methode erhaltenen kaum beachtenswerthe Differenzen ergeben. Aber auch diese werden sich — wenn es überhaupt noch nöthig sein sollte — durch weitere Ausbildung meiner Methode vermeiden lassen.

B. Caseinbestimmungen

| in den Milchproben No. | nach Hoppe-Seyler | auf Thonplatten | Differenz |
|---|---|---|---|
| I | 2,85 | 3,11 Proc. | plus 0,26 |
| II | 2,52 | 2,93 „ | „ 0,41 |
| III | 2,42 | 3,04 „ | „ 0,62 |
| IV | 2,36 | 2,51 „ | „ 0,15 |
| V | 2,43 | 2,49 „ | „ 0,06 |
| VI | 2,24 | 2,53 „ | „ 0,29 |

Demnach wird auf Thonplatten stets eine grössere Caseinmenge gefunden, als durch Ausscheidung mit Essigsäure; es fragt sich daher, welche Resultate die richtigeren seien. Um darüber entscheiden zu können, schien es mir erforderlich, den Stickstoffgehalt der Trockensubstanz der einzelnen

---

Ausziehen desselben mit Aether im Verdrängungsapparat mit Rückflusskühler.

Caseinbestimmungen durch Ausfällen mit Essigsäure nach Hoppe-Seylers Vorschrift (Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse von demselben, 4. Auflage, S. 434), jedoch mit dem Unterschiede, dass noch die Asche im Casein bestimmt und in Abrechnung gebracht wurde.

Milchproben und in den letzteren gleichzeitig auch das Albumin und im Filtrat von diesem den restirenden Stickstoff[4]) zu bestimmen. Berechnet man nach diesem analytischen Befund das Casein zu 15,7 Proc. Stickstoff und das Albumin zu 15,5 Proc., addirt die auf diese Weise gefundenen Mengen Stickstoff zu den restirenden, so muss sich annähernd dieselbe Menge Stickstoff wie bei der directen Bestimmung des gesammten Stickstoffs in der Milch ergeben. Ich habe dies mit vier der obigen Milchproben durchgeführt:

| Milchpr. | | nach Hoppe-Seyler | Stickstoff | auf Thonplatten | Stickstoff |
|---|---|---|---|---|---|
| I. | Casein . . . . | 2,85 | = 0,447 | 3,11 = | 0,488 % |
| | Albumin . . . | 0,330 | = 0,051 | . . . | 0,051 „ |
| | Restird. Stickstoff | | 0,055 | . . . | 0,055 „ |
| | Stickstoff in Summa | | = 0,553 % | . . . | 0,594 % |
| | Stickstoff[5]) in der Milch | | = 0,599 „ | . . . | 0,599 „ |
| | Differenz . . . . | | minus 0,046 % | | minus 0,005 % |
| II. | Casein . . . . | 2,52 | = 0,396 | 2,93 = | 0,460 % |
| | Albumin . . . | 0,327 | = 0,051 | . . . | 0,051 „ |
| | Restird. Stickstoff | | = 0,055 | . . . | 0,055 „ |
| | Stickstoff in Summa | | = 0,502 % | . . . | 0,566 % |
| | Stickstoff in der Milch . | | = 0,620 „ | . . . | 0,620 „ |
| | Differenz . . . . | | minus 0,118 % | | minus 0,054 „ |
| III. | Casein . . . . | 2,42 | = 0,379 | 3,04 = | 0,477 % |
| | Albumin . . . | 0,66 | = 0,102 | . . = | 0,102 „ |
| | Restird. Stickstoff | | = 0,050 | . . = | 0,050 „ |
| | Stickstoff in Summa . . | | 0,531 % | . . . | 0,629 % |
| | Stickstoff in der Milch . . | | 0,585 „ | . . . | 0,585 „ |
| | Differenz . . . . | | minus 0,054 % | | plus 0,044 % |

4) Der Stickstoff im Filtrat vom Albumin ist jedenfalls in der Form von Peptonen und in Spuren als Harnstoff, Kreatin, Kreatinin, Leucin und Tyrosin ursprünglich in der Milch enthalten.

5) Der Stickstoff in der Milch wurde durch Verbrennen der Milchtrockensubstanz mit Natronkalk bestimmt.

| Milchpr. | nach Hoppe-Seyler | Stickstoff | auf Thonplatten | Stickstoff |
|---|---|---|---|---|
| IV. Casein . . . . | 2,24 | = 0,352 | 2,53 | = 0,397 % |
| Albumin . . . | 0,67 | = 0,104 | . . | = 0,104 „ |
| Restird. Stickstoff | | = 0,040 | . . | = 0,040 „ |
| Stickstoff in Summa | | = 0,496 % | . . . | 0,541 % |
| Stickstoff in der Milch . | | = 0,530 „ | . . . | 0,530 „ |
| Differenz . . . . | | minus 0,034 % | . | plus 0,011 % |

Aus diesem analytischen Befund und den darauf basirten Berechnungen wird ersichtlich, dass beide Methoden der Caseinbestimmung ganz befriedigende Resultate ergeben. Denn nach Hoppe-Seyler betragen die Differenzen zwischen dem direct bestimmten und dem durch Berechnung gefundenen Stickstoff 0,034 bis 0,118 Proc., im Mittel 0,063 Proc., nach meiner Methode jedoch nur 0,005 bis 0,054 Proc., im Mittel 0,028 Proc. Stickstoff.

Wenn berücksichtigt wird, welcher Zeitaufwand seither nöthig war, um das Casein und Fett in der Milch quantitativ zu bestimmen, so lässt sich annehmen, dass meine in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit auszuführende Methode in physiologischen, agriculturchemischen und sanitätspolizeilichen Laboratorien die allgemeinste Anwendung finden werde.

Anmerk. Sobald zweckentsprechende Thonplatten angefertigt sein werden, soll die Firma, von welcher dieselben, sowie die übrigen, zur genauen Durchführung der neuen Methode nöthigen Geräthschaften bezogen werden können, bekannt gegeben werden. D. V.

Herr Erlenmeyer spricht:

1) „Ueber Paramethoxyphenylglycolsäure und Paramethoxyphenylglycocoll.

Die Studien über die Bildung der Hydroxy- und Amidosäuren aus Aldehyden resp. deren Ammoniakverbindungen, welche ich früher in der Fettreihe vorgenommen, habe ich jetzt auch auf die aromatische Reihe ausgedehnt.

Anismandelsäure, Paramethoxyphenylglycolsäure.

Die Hydroxysäure, welche zu dem Benzylaldehyd in derselben Beziehung steht, wie die Milchsäure zum Aethylaldelyd, die sogenannte Mandelsäure, lässt sich durch Erhitzen von Bittermandelöl mit Blausäure und Salzsäure leicht gewinnen. Bisher war es aber nicht gelungen, in derselben Weise aus dem Anisaldehyd die entsprechende Hydroxysäure darzustellen. Ich habe desshalb Herrn Dr. Schäuffelen veranlasst, von Neuem Versuche zur Bildung der Anismandelsäure vorzunehmen.

Es wurde zunächst versucht, durch Vereinigung der Blausäure mit dem Anisaldehyd das Nitril der gesuchten Säure darzustellen.

In eine ätherische Lösung von Anisaldehyd wurde ein Ueberschuss von absoluter Blausäure eingetragen und die Mischung 2 Tage an einem mässig warmen Ort sich selbst überlassen. Nach freiwilligem Verdunsten des Aethers und

der überschüssigen Blausäure blieb eine ölige Flüssigkeit, die beim Abkühlen und Rühren krystallinisch erstarrte. Die durch Umkrystallisiren gewonnenen farblosen Nadeln schmolzen bei 63°, lösten sich schwer in Wasser, aber leicht in Aether und in Alkohol und hatten die Zusammensetzung $C_9H_9NO_2$ oder $CH_3 - O - C_6H_4 - CHOH - CN$.

Ueber seinen Schmelzpunkt erhitzt zerfällt dieses Hydroxynitril in Anisaldehyd und Blausäure und mit Höllensteinlösung erwärmt giebt es einen Niederschlag von Cyansilber.

Mit Salzsäure am aufsteigenden Kühler gekocht, verwandelt es sich unter Bildung von Salmiak in eine braune Harzmasse, die aus einer Sodalösung Kohlensäure entbindet und sich auflöst. Salzsäure fällt aus dieser Lösung einen amorphen Niederschlag vom Aussehen des Thonerdehydrats, der beim Verweilen über Schwefelsäure in ein Esteranchydrid überzugehen scheint. Die Analyse des Baryumsalzes, das ebenfalls nicht krystallisirt ist, ergab die Zusammensetzung $C_{18}H_{18}BaO_6$ oder

$$\left.\begin{array}{l} CH_3 - O - C_6H_4 - CHOH - CO\,O \\ CH_3 - O - C_6H_4 - CHOH - CO\,O \end{array}\right> Ba.$$

---

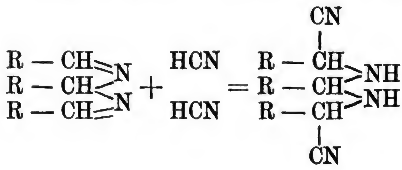
## Paramethoxyphenylglycocoll.

Die Aldehyde der aromatischen Reihe bilden bekanntlich nach folgender Gleichung, worin R ein aromatisches Radical bedeutet, mit Ammoniak die sogenannten Hydramide:

$$(R - CH.O)_3 + (NH_3)\,2 = (H_2O)_3 + (R - CH)_3N_2$$

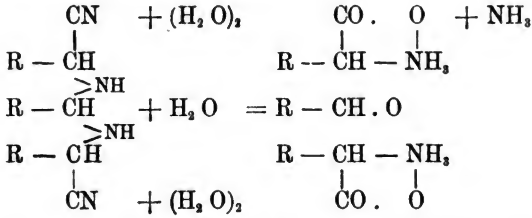
Es war nun interessant zu versuchen, ob sich mit den Hydramiden nicht Blausäure in folgender Weise verbinden lasse:

I.



Wenn diess der Fall, so konnte man erwarten, dass solche Diimidodinitrile sich durch Aufnahme von Wasserbestandtheilen in 2 Mol. Gew. einer Amidosäure und 1 Mol. Gew. Aldehyd umsetzen würden:

II.



Ich habe Herrn Dr. Schäuffelen veranlasst, mit dem Anishydramid die entsprechenden Versuche anzustellen. Es zeigte sich, dass die Blausäure in der That nach Gleichung I mit dem Anishydramid zu einem Diimidodinitril zusammentritt, welches in gut ausgebildeten farblosen Krystallen von dem Schmelzpunkt 85° erhalten werden kann. Beim Behandeln desselben mit Salzsäure scheint zunächst eine Diimidosäure zu entstehen, die sich aber bis jetzt nicht festhalten liess, da sie sich leicht weiter zersetzt in Amidosäure und Anisaldehyd, wie es in Gleichung II angenommen ist.

Die dabei entstehende neutral reagirende Amidosäure ist nach der Analyse zwar gleich zusammengesetzt mit dem Tyrosin $C_9 H_{11} NO_3$, zeigt aber andere Eigenschaften.

Bei etwa 153° schmelzen die von den Tyrosinkrystallen sehr verschiedenen Prismen der neuen Amidosäure zu harzartigen Tröpfchen, welche sich bei stärkerem Erhitzen bräunen und zunächst einen aromatischen, an Anisaldehyd erinnernden Geruch entwickeln. Erst bei weiterem Erhitzen findet unter Ausstossung alkalisch reagirender, nach verbranntem Horn riechender Dämpfe Verkohlung statt. Mit

salpetersaurer Quecksilberoxydlösung bei Gegenwart von etwas salpetriger Säure gekocht, treten ganz andere Erscheinungen auf, als sie das Tyrosin zeigt, es entsteht weder ein rother Niederschlag, noch zeigt die Flüssigkeit eine rothe Färbung.

Mit Salzsäure bildet die Amidosäure eine krystallisirte sauer reagirende Verbindung von der Zusammensetzung $C_9 H_{12} Cl NO_3$.

Ich bemerke zum Schluss, dass die Untersuchungen von Laurent, von Laurent und Gerhardt, von Reinecke und Beilstein u. A. über die Einwirkung von Blausäure und Salzsäure oder auch alkoholischer Blausäure ohne Salzsäure auf Hydrobenzamid zu Resultaten geführt haben, welche ich im Hinblick auf die Ergebnisse der von Schäuffelen mit Anishydramid angestellten Versuche nicht zu deuten vermag, ich lasse desshalb dieselben Versuche auch mit Benzhydramid und anderen Hydramiden ausführen.

---

2) „Ueber polymerisirten Zimmtsäureäthylester."

Schon vor 10 Jahren hatte ich beobachtet, dass Zimmtsäureäthylester nach längerem Aufbewahren in eine prachtvoll grün und roth opalisirende Gallerte verwandelt wird. Ich habe seitdem öfter Zimmtsäureäthylester darstellen lassen und gefunden, dass alle Präparate früher oder später gelatinirten. Auch der von Dr. v. Miller aus flüssigem Storax gewonnene Zimmtsäureäthylester zeigte diese Eigenschaft. Doch ist bis jetzt keines von den Präparaten, selbst nach 10jährigem Aufbewahren, vollkommen fest geworden, während Styrol von demselben Alter zu einer vollkommen festen homogenen Masse gestanden ist, die sich wie Wachs schneiden lässt.

Als ich versuchte, die Polymerisation frisch dargestellten Esters so wie es bei Styrol ganz leicht möglich ist, durch Erhitzen auf hohe Temperaturen rasch hervorzurufen, erhielt ich nur gelb bis braun gefärbte dickflüssige aber homogene Producte.

Wenn man die beim Aufbewahren gebildete Gallerte auf ein Saugfilter bringt, so erhält man als Filtrat unveränderten Zimmtsäureäthylester und auf dem Filter bleibt eine der Kieselgallerte ähnliche Masse, deren Theilchen sich unter dem Mikroskop als vollkommen amorph erweisen. Nach dem Auswaschen mit Aether und Trocknen erhält man ein kreideartiges weisses Pulver, das ungemein elektrisch ist und von Wasser, Alkohol, Aether, Aceton, Benzol und Schwefelkohlenstoff nicht einmal spurenweise gelöst wird. Es vertheilt sich in diesen Flüssigkeiten, ohne sein Aussehen zu verändern. Von Chloroform wird es in eine durchscheinende Gallerte verwandelt, die aber nicht im Geringsten opalisirt. Bringt man dagegen das trockene Pulver wieder in Zimmtsäureäthylester, so entsteht wieder eine intensiv opalisirende Gallerte.

In der Hoffnung, polymerisirte Zimmtsäure aus dem polymerisirten Ester darstellen zu können, habe ich denselben mit weingeistigem Kali zu verseifen gesucht, aber nach 8tägigem Kochen war die Masse vollständig unangegriffen geblieben. Auch mehrtägiges Erhitzen mit rauchender Salzsäure auf 120° bis 140° hatte keine andere Wirkung, als dass das Pulver zusammenbackte.

Bei der trockenen Destillation tritt kein Schmelzen ein, das weisse Pulver bräunt sich und stösst bei stärkerem Erhitzen dicke Dämpfe aus, die sich zu einer braungefärbten sauer reagirenden Flüssigkeit verdichten. Nach einiger Zeit setzten sich aus dieser letzteren Krystalle ab, die sich als Zimmtsäure erwiesen. Die Mutterlauge besteht aus Zimmt-

säureester und wie es scheint Styrol und Polymeren desselben. Die Quantität dieser Kohlenwasserstoffe ist aber so gering, dass eine genauere Untersuchung derselben bis jetzt nicht möglich war.

Hinsichtlich seiner Resistenz gegen Lösungsmittel und Reagentien zeigt dieser Polyzimmtsäureester die grösste Aehnlichkeit mit Metastyrol.

## Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

---

*Von dem pyhsikalischen Verein zu Frankfurt a. M.:*

Jahresbericht f. d. J. 1875—76. 1877. 8.

– *Vom herzogl. Collegium Carolinum zu Braunschweig:*

Festschrift zur Saecularfeier des Geburtstages von Carl Friedrich Gauss. 1877. 4.

*Von der anthropologischen Gesellschaft in Wien:*

Mittheilungen Bd. VII. 1877. 8.

*Von der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien:*

a) Abhandlungen. Bd. IX. 1877. gr. 4.
b) Jahrbuch. Jahrgang 1877. Bd. XXVII. No. 1. 4.
c) Verhandlungen. 1877. 4.

*Von der k. Universität in Christiania:*

a) Archiv for Mathematik og Naturwidenskab. Bd. I. 1876. 8.
b) Enumeratio insectorum Norvegicorum auctore H. Siebke defuncto. Fasc. 3 et 4 ad J. Sparre Schneider. 1876. 8.
c) De Skandinaviske og arktiske Amphipoder, beskrevne of Axel Boeck. Heft II. 1876. 4.
d) Études sur les mouvements de l'atsmosphere, par C. M. Guldberg et H. Mohn. Partie I. 1876. 4.
e) Windrosen des südlichen Norwegens, von C. de Seue. 1876. 4.

*Von dem k. Nederlandsch meteorologisch Institut in Utrecht:*

a) Nederlandsch Meteorologisch Jaarbock voor 1875. 27 Jhrg. 1876. 4.

b) Marche annuelle du thermomètre et du baromètre en Neerlande. 1876. 4.

*Von der Société de géographie in Paris:*

Bulletin. Mars 1877. 8.

*Von der Société d'anthropologie in Paris:*

Bulletins. II. Serie. Tom. XII. 1877. 8.

*Von der zoologisch Genootschap in Amsterdam:*

Nederlandsch Tydschrift voor de Dierkunde. Deel I.—IV. 1864—74 8.

*Von der Société Hollandaise des sciences in Harlem:*

Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles. Tom: XII. 1876—77. 8.

*Vom Museum of comparative Zoology in Cambridge, Boston.*

Annual Report for 1876. Boston 1877. 8.

*Von der k. Akademie der Wissenschaften in Copenhagen:*

Tyge Brahes meteorologiske. Dagbog 1582—97. 1876. 8.

*Von der Accademie Pontificia de nuovi Lincei in Rom:*

Atti. Anno XXX. Sessione I. del 17 Dec. 1876. 1877. 4.

*Vom R. Comitato geologico d'Italia in Rom:*

Bolletino. Anno 1877. Nr. 3 e 4. 8.

*Vom Verein für Naturkunde in Fulda:*

Meteorologisch-phänologische Beobachtungen 1876. 1877. 8.

*Von der naturforschenden Gesellschaft in Leipzig:*

Sitzungsberichte. Jahgang 1874—77. 8.

*Vom naturwissenschaftlichen Verein in Osnabrück:*

3. Jahresbericht 1874—75. 1877. 8.

*Vom naturwissenschaftlichen Verein in Aussig:*

**Mittheilungen.** Ueber die Bildung des Aussig-Teplitzer Braunkohlenflötzes von A. Purzold. 1877. 8.

*Von der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien:*

**Verhandlungen.** Jahrgang 1876. Bd. 26. 1877. 8.

*Vom Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien:*

Schriften. Bd. 17. Jahrgang 1876—77. 1877. 8.

*Von der k. k. Gesellschaft der Aerzte in Wien:*

Medizinische Jahrbücher. Jahrgang 1877. 8.

*Von dem Ministerio dos negocios da marinha e ultramar in Lissabon:*

Annaes da Commissao central permanente de geographia. Nr. 1 Dezembro 1876. 8.

*Von der Société Linéenne in Bordeaux:*

a) Actes. Tome 29. 30. 1873—1875. 8.
8) Actes. Tom. XXXI. (= IV. Série Tom. I.) 1876. 8.

*Von der Société de géographie in Paris:*

Bulletin. 1877. 8.

*Von dem R. Comitato geologico d'Italia in Rom:*

Bolletino. Anno 1877. 8.

*Von der Societas pro Fauna et Flora Fennica in Helsingfors:*

Meddelanden. Heft I. 1876. 8.

*Von der k. Akademie der Wissenschaften zu Amsterdam:*

Verhandelingen. Afd. Natuurkunde Bd. 16. 1876. 4.

*Von der Société des sciences naturelles in Cherbourg:*

Compte-rendu de la séance extraordinaire tenue le 30. Decbr. 1876. 1877. 8.

*Von der United States Navy in Washington:*

a) Washington Observations for: 1874. Appendix II. Report on the Difference of Longitude between Washington and Ogden, Utah. 1876. 4.
b) Investigation of Corrections to Hansen's Tables of the Moon, by Simon Newcomb. 1876. 4.

*Von der Royal Society in London:*

a) Philosophical Transactions. Vol. 166. 1876. 4.
b) Proceedings. Vol. XXV. 1875—76. 8.

*Von der Société des sciences in Lille:*

Mémoires. 4. Sér. Tom. I. Lille und Paris 1876. 8.

*Von der Royal-Society of Victoria in Melbourne:*

Transactions and Proceedings. Vol. XII. 1876. 8.

*Von dem Museo publico in Buenos Aires:*

a) Die fossilen Pferde der Pampasformation. Mit 8 Taf. Von Hermann Burmeister. 1875 fol.
b) Acta de la Akademia nacional de ciencias exactas existente en la universidad de Córdova. Tom I. 1875. 4.
c) Description physique de la république Argentine, par H. Burmeister. 2. Bd. Paris 1876. 8.

*Von dem Radcliffe-Observatory in Oxford:*

Results of astronomical and meteorological Observations in the year 1874. Vol. 34. 1876. 8.

*Vom Dun Echt Observatory in Aberdeen:*

Dun Echt Observatory Publications. Vol. I. 1876. 4.

*Vom Physikalischen Central-Observatorium in St. Petersburg:*

Annalen. Jahrgang 1875. 1876. 4.

*Von dem Observatoire royal de Bruxelles in Brussel:*

Observations météorologiques. I. Année. 1877. 4.

---

*Vom Herrn G. Tschermak in Wien:*

Ueber den Vulcanismus als kosmische Erscheinung. 1877. 8.

*Vom Herrn M. Loewenberg in Paris:*

De l'échange des gaz dans la caisse du tympan. 1877. 4.

*Vom Herrn G. Omboni in Padua:*

Il mare glaciale e il Pliocence ai piedi delle Alpi Lombarde. Milano 1877. 8.

*Vom Herrn Rudolph Wolf in Zürich:*

Astronomische Mittheilungen. XLII. 1877. 8.

*Vom Herrn Gerhard vom Rath in Bonn:*

Bericht über eine geologische Reise nach Ungarn im Herbst 1876. 8.

*Vom Herrn Louis Pierre Matton in Lyon:*

a) Le Bissegment. Principe nouveau de géometrie curviligne. 1876. 4.
b) Première suite et premiers développements de la brochure le Bissegment. 1876. 4.
c) Résumé des deux premières brochures sur le Bissegment. 1876. 4.
d) Réponse à une seule et dernière objection contre la tendance des trois brochures sur le Bissegment. 1876. 4.
e) Quadrature de tous les polygones réguliers. 1877. 4.
f) Sommaire des cinq brochures sur la quadrature de tous les polygones réguliers et sur le Bissegment. 1877. 4.

*Vom Herrn Thieme in St. Petersburg:*

Mémoire sur le rabotage des métaux. 1877. 8.

*Vom Herrn Ferdinand von Müller in Melbourne:*

Select Plants readily eligible for Industrial Culture or Naturalisation in Victoria. 1876. 8.

*Vom Herrn Ernest van den Broeck in Brüssel:*

a) Observations malacologiques. 1869. 8.
b) Notes sur une excursion scientifique en Suisse. 1876. 8.

c) Esquisse géologique et paléontologique des dépots pliocénes des environs d'Anvers. Fasc. I. 1876. 8.
d) Excursions, découvertes et observations faites en Belgique pendant l'année 1870. 8.
e) Observations sur la Nummulites planulata du Paniselien. Paris 1875. 8.
f) Liste des mollusques recueillis aux environs d'Arlon et de Virton 1873. 8.
g) Rapport sur l'excursion de la société malacologique de Bruxelles en 1871. 8.
h) Quelques considérations sur la découverte d'un fossile microscopique nouveau. 1871. 8.
i) Liste des foraminifères du Golfe de Gascogne. Bordeaux 1875. 8.
k) Sur les alterations des dépôts quaternaires par les agents atmospheriques. Paris 1877. 4.

*Vom Herrn O. Struve, in St. Petersburg:*

Jahresbericht für d. J. 1874/75 und 1875/76. 8.
Hilfstafeln zur Berechnung der Polaris-Azimute von Eugen Block. 1875. 4.
Déclinaisons moyennes corrigées des etailes principales pour l'époque 1845, o par Magnus Nyrén. 1875. 4.

# Sitzungberichte

der

# königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

---

Sitzung vom 3. November 1877.

## Mathematisch-physikalische Classe.

---

Herr Vogel trägt vor:

„Ueber den Wassergehalt des Eiweisses."

Neuere Versuche haben zu der Annahme Veranlassung gegeben, dass das Eiweiss einem grösseren Ei entnommen, wasserhaltiger sei, als das des kleineren Eies und daher im Verhältniss weniger Nährwerth, als das Eiweiss des letzteren besitze. Dr. F. Wippern[1]) hat diese Annahme durch die Gewichtsdifferenzen von den Thieren schwerer und leichter Eier zu begründen versucht. Das Gewichtsverhältniss stellt sich nach den angestellten Versuchen folgendermassen im Mittel.

| | |
|---|---|
| Conchinchina-Ei . . . . . . . . | 44,0 Grm. |
| Ausgebrütetes Hühnchen, trocken . | 38,8 „ |
| Gewicht der trocknen Schaale . . . | 6,1 „ |
| Gewichtsverlust durch Trocknen, Athmung des Thieres etc. . . . . | 1,1 „ |
| Summa | 44,0 Grm. |

1) Oesterr. landw. Wochenblatt. 22. Sept. 1877. S. 439.

| | | |
|---|---|---|
| Anderes Ei . . . . . . . . . . . | 67,5 | Grm. |
| Ausgebrütetes Hühnchen, trocken . | 48,5 | „ |
| Gewicht der trocknen Schaale . . . | 8,0 | „ |
| Gewichtsverlust . . . . . . . . | 11,0 | „ |
| Summa | 67,5 | Grm. |

Neben diesen höchst instruktiven Brütversuchen schien es mir doch von Interesse, direkt experimentell nachzuweisen, ob zwischen Eiweiss verschiedener Eiersorten in der That ein auch auf diesem Wege nachweisbarer Unterschied bestehe, d. h. ob das Eiweiss kleiner Eier concentrirter sei und somit einen höheren Nahrungswerth besitze, als das Eiweiss grosser Eier.

Zur Aufklärung der Frage sind theils in meinem Laboratorium, theils von meinem Freunde Prof. Dr. L. Raab in Straubing auf meine Veranlassung sehr zahlreiche Versuche angestellt worden, deren Hauptresultate ich hier vorzulegen mich beehre.

Vor Allem ist hervorzuheben, dass zu diesen Versuchen nur frische Eier, nicht älter als 12 Stunden, zur Verwendung kommen können. Die Gewichtsabnahme der Eier, wenn sie nicht unter besonderen Vorsichtsmassregeln aufbewahrt werden, ist nach einigen Tagen schon so bedeutend, dass die Natur des Materiales auf die Versuchsresultate von grossem Einflusse wird. Nach mehrfachen Beobachtungen verliert das frische Ei bei gewöhnlichem Aufbewahren täglich 0,04 bis 0,05 Grm. an Gewicht und dasselbe Ei, welches im frischen Zustande in einer Kochsalzlösung von bestimmter Concentration zu Boden geht, schwimmt nach kurzer Zeit auf destillirtem Wasser, in der Folge nach längerem Liegen, sogar auf Weingeist und Aether. Nach einer älteren Angabe[2]) hatte ein Ei durch lange Aufbewahrung 46 proc. an Gewicht verloren.

2) Berzelius Lehrbuch der Chemie. B. IX. S. 654.

Was das Gewicht des ganzen Eies anbelangt, so bemerkt Dr. Wippern (a. a. O.) sehr richtig: „Die alte Raison der Kochbücher: 8 Eier auf ein Pfund = 63 Grm. pro Stück ist eine nicht niedrige Ziffer, wie man durch Wägung aller Marktwaare leicht ermitteln kann.“ Dieser Behauptung schliesse ich mich vollkommen an, indem dieselbe durch vielfache Wägungen bestätigt worden ist. Die Annahme von 63 Grm. pro Stück erscheint als eine sehr hoch gegriffene. Die höchste Gewichtsdurchschnittszahl der grössten Eier ist 56 bis 59, aber niemals 63. Es erklärt sich die Angabe von 8 St. Eiern auf 1 Pfund vielleicht in der Weise, dass hier nicht das Zollpfund in Betracht gezogen.

Das Trocknen des Eiweisses geschah in einem V förmigen Rohre mittelst Aspirator im trocknen Luftstrome zunächst bei gewöhnlicher Temperatur, dann erst folgte das Trocknen des festen Rückstandes im Wasserbade, bis keine Gewichtsabnahme sich mehr bemerklich machte. Ich habe diese Methode des Trocknens angewendet, weil es nach meiner Erfahrung mit Schwierigkeit verbunden ist, das plötzlich zum Gerinnen gebrachte Eiweiss von seinen letzten Spuren von Wasser zu befreien.

Ohne selbstverständlich auf die gewonnenen analytischen Zahlenresultate hier speciell eingehen zu wollen, mag nur im Allgemeinen bemerkt werden, dass ich die Annahme hinsichtlich des concentrirteren Zustandes des Eiweisses im kleinen Ei verglichen mit dem Eiweiss des grossen Eies, wenigstens nach den mir bis jetzt vorliegenden Versuchen, nicht zu bestätigen im Stande bin.

Allerdings bestehen Differenzen im Wassergehalte der verschiedenen Eiweisssorten, aber einmal sind sie doch sehr gering und dann stehen sie, wenn man dieselben überhaupt gelten lassen will, eigentlich der bisherigen Annahme entgegen.

Ich erwähne hier die Durchschnittszahlen einer grösseren Versuchsreihe. Der Wassergehalt des Eiweisses in Procenten beträgt:

| | | |
|---|---|---|
| I. | Kleines Ei | 88,3. |
| II. | Mittelgrosses Ei | 87,8. |
| III. | Grosses Ei | 86,1. |

Man ersieht hieraus, dass zwischen I und II kein wesentlicher Unterschied stattfindet, dass das Eiweiss des grossen Eies 1,5, beziehungsweise 2 proc. weniger Wasser enthält, als das Eiweiss des mittelgrossen und kleinen.

Ein ähnliches Resultat hat die Wasserbestimmung des Eigelbs ergeben.

Der Wassergehalt des Eigelbs beträgt in Procenten:

| | | |
|---|---|---|
| I. | Kleines Ei | 49,8. |
| II. | Mittelgrosses Ei | 50,0. |
| III. | Grosses Ei | 46,1. |

Hier wie beim Eiweiss ergibt sich die geringe Differenz im Wassergehalte zum Vortheile des grossen Eies.

Obgleich die Zahl der hier angeführten Beobachtungen zur völligen und endgültigen Aufklärung des Gegenstandes wohl noch etwas zu gering ist, so dürfte hiedurch doch schon eine Modification der bisherigen Ansicht angebahnt und namentlich zu weiteren Versuchen in dieser Hinsicht Veranlassung gegeben sein. Zur Ergänzung des Bisherigen führe ich noch einen einzelnen mit einem conservirten Ei ausgeführten Versuch an, welchen Herr Prof. Dr. L. Raab mir mitzutheilen die Güte hatte. Das Conserviren der Eier kömmt in Niederbayern sehr häufig in Anwendung, und besteht darin, dass man die frischen Eier in Kalkmilch einlegt. Erst unmittelbar vor dem Verkaufe oder Versenden werden dieselben aus der Kalkmilch herausgenommen und gewaschen. Die so conservirten Eier haben das Unangenehme, dass das Eigelb beim Oeffnen des Eies leicht zer-

fliesst, was bei frischen Eiern nicht der Fall ist; ferner nehmen die conservirten Eier mitunter einen eigenthümlichen Geruch und Geschmack an. Das zur Untersuchung verwendete Ei war im Mai in Kalkmilch eingelegt worden.

| | |
|---|---|
| Gesammtwicht . . . | 51,125 Grm. |
| Schaale . . . . . . . | 5,500 „ |
| Totalgewicht des Inhaltes | 45,625 Grm. |
| a) Eiweiss, frisch . . | 30,625 „ |
| „ getrocknet | 4,625 „ |
| Wassergehalt . . | 26,000, d. i. 84.89 proc. |
| b) Eigelb, frisch . . | 15,000 Grm. |
| „ getrocknet | 7,312 „ |
| Wassergehalt . . | 7,688 Grm. d. i. 51,25 proc. |

Es wäre nicht ohne Interesse, den Einfluss anderer Conservirungsmethoden auf die Natur des Eies kennen zu lernen, worauf wir in der Folge zurückkommen uns vorbehalten, sowie auch die Eier anderer Vögel nach angeführter Weise in Betracht zu ziehen. In folgender Zusammenstellung finden sich die Versuchsresultate übersichtlich geordnet.

| | A. Grosses Ei. | B. Mittelgrosses Ei. | C. Kleines Ei. |
|---|---|---|---|
| I. Wassergehalt des Eiweisses in Procenten. | 85,86 | 87,80 | 88,34 |
| II. Wassergehalt des Eigelbs in Procenten. | 45,92 | 50 | 49,85 |
| III. Gewicht des ganzen Eies. | 59,563 Grm. | 44,51 Grm. | 39,625 Grm. |
| d. i. in Procenten: | 100 | 74,51 | 66,5 |
| IV. Gewicht der Schaale. | 7,3 „ | 4,1 „ | 4,2 „ |
| d. i. in Procenten: | 12,2 | 9,2 | 10,5 |

| | A. Grosses Ei. | B. Mittelgrosses Ei. | C. Kleines Ei. |
|---|---|---|---|
| V. Verhältniss des Eiweisses zum Eigelb. | | | |
| Eiweiss | 35,376 Grm. | 25,626 Grm. | 23,576 Grm. |
| Eigelb | 16,875 „ | 14,625 „ | 11,849 „ |
| d. i. in Procenten: | | | |
| Eiweiss | 50,2 | 57,6 | 59,5 |
| Eigelb | 28,3 | 32,6 | 30,3 |
| Eiweiss : Eigelb | 100 : 56,3 | 100 : 56,6 | 100 : 50 |

Endlich folgt hier noch das Resultat der Untersuchung des Taubeneies, welche Herr Dr. Raab mir nachträglich mitzutheilen die Güte hatte.

I. Gewöhnliches Taubenei.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Totalgewicht . . | 14,125 Grm. | |
| | Frische Schaale . | 1,375 „ | |
| | | 12,750 „ | |
| a. | Eigelb, frisch . . | 3,125 „ | |
| | Eigelb, getrocknet | 1,188 „ | |
| | Wassergehalt . . | 1,937 „ | = 62 proc. |
| b. | Eiweiss, frisch . . | 9,625 „ | |
| | Eiweiss, getrocknet | 1,125 „ | |
| | Wassergehalt . . | 8,500 „ | = 88,32 proc. |

II. Grosses Taubenei.

Beim Oeffnen dieses Eies zeigte dasselbe zufällig 2 Dotter, war also eine Abnormität.

| | |
|---|---|
| Totalgewicht . . | 19,3125 Grm. |
| Frische Schaale . | 1,6870 „ |
| | 17,6255 „ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| a. Eigelb, frisch . . | 7,00 | „ | |
| Eigelb, getrocknet | 2,25 | „ | |
| Wassergehalt . . | 4,75 | „ | = 67,85 proc. |
| b. Eiweiss, frisch . | 10,626 | „ | |
| Eiweiss, getrocknet | 1,000 | „ | |
| Wassergehalt . | 9,626 | „ | = 90,5 proc. |

Das Resultat ergibt sich, wie man sieht, den bei der Bestimmung des Hühnereies gefundenen Zahlen analog.

Herr W. von Beetz sprach:

„Ueber die electromotorische Kraft und den inneren Widerstand einiger Thermosäulen."

Unter den thermoelectrischen Säulen, welche für Hervorbringung stärkerer Ströme empfohlen worden sind, haben sich vorzüglich zwei Eingang in die Praxis verschafft, die von Noë und die von Clamond, modificirt von Koch. Die Noësche Säule ist in ihrer ursprünglichen Form, in welcher die Elemente so angeordnet sind, dass sämmtliche Löthstellen in einer Geraden liegen und durch eine Reihe kleiner Gasflammen geheizt werden, von Herrn von Waltenhofen auf ihre electromotorische Kraft und ihren Widerstand untersucht und beschrieben worden[1]). Die abgeänderte Gestalt, in welcher die Elemente so angebracht sind, dass alle Löthstellen in einer Kreisperipherie liegen und mittelst kupferner Heizstifte durch eine einzige Bunsenflamme erwärmt werden, ist ebenfalls von Herrn von Waltenhofen beschrieben worden und sowohl dieser Physiker[2]), als auch neuerdings Herr Streintz[3]) haben die Constanten solcher Säulen bestimmt. Ueber die Clamond'sche

1) Poggend. Ann. CXLIII p. 113, Carls Repert. VII p. 1 (1871.)
2) Poggend. Ann. CXLVI p. 617 (1872.)
3) Carls Repert. XIII p. 4 (1877.)

Säule hat Herr Rolland[4]) Messungen veröffentlicht, welche den besonderen Zweck haben, die Abhängigkeit des inneren Widerstandes der Säule von dem Grade der Erhitzung zu bestimmen. Ueber ihre electromotorische Kraft sind mir nur die älteren Angaben von Clamond und Mure[5]) bekannt.

Was zunächst die Widerstandsbestimmungen an Thermosäulen betrifft, so möchte ich an das erinnern, was ich früher über diesen Gegenstand gesagt habe[6]). Wenn während der Widerstandsmessung ein Strom durch die Löthstellen der Thermosäule geht, so setzt sich der primären electromotorischen Kraft derselben, E, eine secundäre entgegen, welche man als die Peltiersche Polarisation bezeichnen kann und die der Stromstärke gerade proportional, also $= ik$ ist. Wenn daher der Gesammtwiderstand der Säule $= x$ ist, so wird jetzt die Stromstärke

$$i = \frac{E - ik}{x} = \frac{E}{x + k}$$

sein, d. h. jene der Stromstärke proportionale Gegenkraft spielt die Rolle eines von der Stromstärke unabhängigen Leitungswiderstandes. Dieser Thatsache ist es zuzuschreiben, dass die verschiedenen Methoden der Widerstandsbestimmung für ein und dieselbe Combination verschiedene Werthe ergeben. Vor Allem wird man solche Methoden vermeiden müssen, welche einen andauernden Stromschluss verlangen und unter diesen wieder solche, welche (wie die Ohmsche oder die von Rolland benutzte Wheatstonesche) aus mehreren hintereinander ausgeführten Messungen bestehen, bei denen der Strom wohl im Galvanometer, aber nicht in der Säule die gleiche Stärke hat. Es ergibt sich zwar aus den

---

4) Compt. rend. LXXXVI p. 1026 (1877).
5) Ibid. LXVIII p. 1455 (1869).
6) Poggend. Ann. CXXIX p. 520 (1866).

Messungen, dass jene mit k bezeichnete scheinbare Widerstandsvermehrung nicht sehr gross ist gegen x, immerhin aber macht sie die Messungen unsicher, und auch Herr Rolland hat bemerkt, dass wohl die Veränderung in der electromotorischen Kraft seiner Säule nicht ohne Einfluss auf das Ergebniss seiner Widerstandsmessungen geblieben sei.

Um den normalen Widerstand einer Thermosäule zu bestimmen, bediene ich mich desshalb immer nur der Brückenmethode, wobei ich den Strom, welcher durch die Zweigleitungen geführt wird, immer nur momentan schliesse[7]). Der so erhaltene normale Widerstand ist aber nicht der, welcher während der Arbeitsleistung der Thermosäule wirklich vorhanden ist. Um diesen zu finden, wende ich die Methode an, welche mir schon früher zur Bestimmung innerer Widerstände von Batterien, besonders auch von Thermosäulen, gedient hat[8]). Diese Methode, darauf beruhend, dass der Strom eines Daniellschen Normalelementes zweimal hintereinander bei verschiedener Schlittenstellung nach der du Boisschen Compensationsmethode durch den Strom der Thermosäule (als compensirenden Säule) auf Null gebracht wird, verlangt ebenfalls nur momentane Stromschlüsse. Der Werth k kommt desshalb äusserst wenig in Betracht; immerhin wird es nie gelingen, ihn ganz unschädlich zu machen, da die compensirende Säule immer etwas vor der compensirten geschlossen wird.

Zur Bestimmung der electromotorischen Kraft der Thermosäule compensire ich einmal ein Daniell'sches Normal-Element durch eine beliebige stärkere Säule (ein oder mehrere grovesche Elemente) und dann die fragliche Thermosäule durch dieselbe stärkere Säule. Das Verhältniss der in beiden Fällen durch den Schlitten vom Compensatordraht ab-

7) Vergl. hierüber meine oben angezogene Arbeit.

8) Poggend. Ann. CXLII p. 573 (1871).

geschnittenen Längen ist dann unmittelbar die electromotorische Kraft der Thermosäule in der Einheit D = 1. Für diese Messungen habe ich mich stets des von mir angegebenen Universalcompensators bedient, dessen Einrichtung ich bei Gelegenheit der jüngsten Naturforscherversammlung gezeigt habe und demnächst in den Annalen der Physik und Chemie beschreiben werde.

Die Angaben, welche die Herren von Waltenhofen und Streintz über die Noësche Thermosäule gemacht haben, sind wohl so erschöpfend, dass weitere Mittheilungen über dieselbe unnöthig wären. Aber die erwähnten Angaben beziehen sich auf neue Apparate, diejenigen, welche ich im Nachfolgenden mache auf eine viel und leider oft ohne die nöthige Vorsicht benützte lineare Säule von 80 Elementen, welche in vier Gruppen von je 20 abgetheilt sind. Die Säule ist eine der älteren, welche Noë construirt hat und zeigt schon äusserlich einige Defecte. Die negativen Kupferdrähte, welche mit ihren Enden nur wenig in die positiven Antimonzinkcylinder heineinragen, sind theilweise ganz von denselben getrennt, oberflächlich oxydirt und berühren sie nur durch Federdruck. In der That ging denn auch von dem Strome einer vierpaarigen Chromsäurebatterie gar nichts durch die ganze Säule hindurch. Ebensowenig zeigten von den vier Abtheilungen der Säule, welche mit A, B, C und D bezeichnet werden mögen, A, C und D irgend welche Leitungsfähigkeit, der Widerstand in B dagegen war relativ gering, nämlich = 1,495 Q. E. Ich hielt demnach die Säule für ganz unbrauchbar geworden und war um so mehr überrascht, als sie beim Erhitzen (bei Benützung aller 80 Elemente hintereinander) in der Minute 5,3 Cubcm. Knallgas lieferte. Es waren wohl zwei Umstände, welche jetzt die Leitung vermittelten, nämlich die Vermehrung des mechanischen Drnckes, mit welchem sich das Kupfer an die Metalllegirung in Folge der Ausdehnung

beider Metalle anlegte, dann aber die Vergrösserung, welche die Leitungsfähigkeit von Metalloxyden beim Erhitzen erfährt.[9])

Die Messung der electromotorischen Kräfte der Gruppen ergab:

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | = | 1,604 | D |
| B | = | 1,595 | — |
| C | = | 1,604 | — |
| D | = | 1,621 | — |
| 80 Elemente | — | 6,424 | D |
| 1 Element | = | 0,08 | D. |

Als die sichtbar schadhaften Stellen der Säule durch Löthung ausgebessert waren, liessen sich die Widerstände der vier Gruppen bestimmen; es war der von

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | = | 3,8 | Q. E. |
| B | = | 1,5 | — — |
| C | = | 14,0 | — — |
| D | = | 30,5 | — — |

die electromotorischen Kräfte aber hatten dadurch so gut wie keine Veränderung erfahren.

Die Widerstandsbestimmungen, welche an der Säule nach der Compensationsmethode ausgeführt wurden, während dieselbe in Thätigkeit war, ergaben begreiflicher Weise wiederum eine bedeutende Widerstandsabnahme beim Erwärmen, so zwar, dass der Gesammtwiderstand der 80 Elemente, der nach obiger Messung ursprünglich = 50 Q. E. war, bis auf 5,9 Q. E. hinabging.

Was aus diesen Versuchen hervorgeht, ist, dass selbst die stark abgenützte Säule noch einige ihrer guten Eigenschaften bewahrt hat. Die electromotorische Kraft eines

9) Vergl. meine Untersuchungen hierüber in Poggend. Ann. CXI p. 619 (1860).

Elementes der linearen Säule soll nach von Waltenhofen ungefähr = 0,10 D, bei starker Ueberhitzung = 0,13 D sein, während derselbe die electromotorische Kraft eines Elementes der mit Heizstiften geheizten Cylindersäule = 0,08 D fand. Hierbei waren die Heizstifte schwach glühend erhalten. Herr Streintz fand für die Kraft eines Elementes einer solchen Cylindersäule nur 0,04 D (108 Elemente = 4,3 D) und nahe übereinstimmend damit lieferte mir eine von Dörffel in Berlin gearbeitete zwanzigpaarige Cylindersäule durch einen einfachen Bunsenbrenner erhitzt nur die Kraft 0,97 D, also für ein Element 0,048 D; diese Kraft wuchs aber beim Erhitzen mit einem Dreiflammenbrenner bis 1,41 D, also für ein Element auf 0,07 D. Den Normalwiderstand dieser Säule fand ich = 1,32 Q. E.; während des Erhitzens wurde er nach der Compensationsmethode = 1,52 Q. E. gefunden. Die alte abgenützte Säule hatte also immer noch eine verhältnissmässig sehr hohe electromotorische Kraft; dass diese überhaupt abgenommen hatte, war wohl den eingeschobenen Oxydschichten zuzuschreiben.

Die anderen guten Eigenschaften der Noëschen Säule sind: ihre sofortige Verwendbarkeit, sobald einmal die Gasbrenner angezündet worden sind und die Gleichmässigkeit der Wirkung in den vier Gruppen. Hieran hatte der Gebrauch nichts geändert.

Die Clamondsche Säule, von der mir zwei Exemplare in der von Koch in Eisleben ausgeführten Construction zu Gebote standen, hat gegen die Noësche den Nachtheil, dass sie lange (eine Stunde lang) geheizt werden muss, ehe sie zu ihrer vollen Wirkung gelangt, dagegen den grossen Vortheil der Dauerhaftigkeit und Unveränderlichkeit, indem sämmtliche Elemente in einen Thonmantel eingebettet sind. Die Löthstellen liegen sämmtlich in der inneren Cylindermantelfläche und werden durch einen cylinderischen Brenner mit

vielen Brennöffnungen geheizt. Bei der Heizung der einen Säule (I) wandte ich den von Koch beigegebenen Gasregulator an, bei der anderen (II) war derselbe entfernt. Jede der Säulen besteht aus 120 Elementen, welche in vier Gruppen zu je 30 abgetheilt sind. Die Widerstände der einzelnen Gruppen, sowie der ganzen Säulen wurden nach der Brückenmethode bestimmt und zwar einmal mit momentanem Stromschluss, einmal mit dauerndem. Hierdurch wurden die beiden Widerstandswerthe x und x' gefunden, deren Differenz x'—x = k den durch die Peltiersche Polarisation scheinbar hinzukommenden Widerstand ausdrückt. Es wurde gefunden:

| | Säule I. | | | Säule II. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | x | x' | k | x | x' | k |
| Abtheilung A | 0,560 | 0,575 | 0,015 | 0,705 | 0,720 | 0,015 |
| — — B | 0,555 | 0,570 | 0,015 | 0,820 | 0,835 | 0,015 |
| — — C | 0,500 | 0,514 | 0,014 | 0,795 | 0,810 | 0,015 |
| — — D | 0,455 | 0,459 | 0.014 | 0,796 | 0,810 | 0,014 |
| Summa: | 2,060 | 2,118 | 0,058 | 3,116 | 3,175 | 0,059 |
| Ganze Säule | 2,060 | 2,119 | 0,059 | 3,110 | 3,170 | 0,060 |

Die Abtheilung A ist die oberste, D die unterste.

Die electromotorische Kraft der beiden Säulen fand ich sehr viel geringer, als sie der Angabe nach sein sollte. Während Herr Koch angibt, dass seine Säule in seinem Voltometer eine Knallgasentwicklung von 7 bis 8 Cubcm. in der Minute gebe, gelang es mir nie, viel über 4 Cubcm. zu erhalten. Ich möchte daraus indess nicht schliessen, dass nicht unter günstigeren Bedingungen eine grössere Wirkung erzielt werden könne. Die folgenden Zahlen sollen nicht die electromotorischen Kräfte geben, welche man mit den Kochschen Säulen erreichen kann, sondern nur die, welche man in der Regel erhält, wobei ich bemerke, dass meine

Versuche an sehr heissen Sommertagen angestellt worden sind, so dass die Luftkühlung eine äusserst ungünstige war; auch war der Gasdruck nur ein geringer.

| | Säule I. | Säule II. |
|---|---|---|
| Abtheilung A | 0,920 D | 0,867 |
| — — B | 0,815 — | 0,880 |
| — — C | 0,557 — | 0,650 |
| — — D | 0,338 — | 0,274 |
| 120 Elemente | 2,630 D | 2,671 D |
| 1 Element | 0,022 D | 0,022 D |

Was aus diesen Zahlen vor Allem hervorgeht, ist, dass die Brenner ganz ungünstig angebracht sind. Die Gase der Flammen erhitzen die oberen Abtheilungen der Säulen weit stärker, als die unteren, so dass die letzteren weitaus nicht ausgenützt werden. Ich habe den Brenner der Säule I herausgenommen und tiefer gelegt und dann bei gleichem Gasverbrauch wie früher die folgenden electromotorischen Kräfte gefunden:

| | |
|---|---|
| Abtheilung A | 0,655 D |
| — — B | 0,819 — |
| — — C | 0,800 — |
| — — D | 0,619 — |
| 120 Elemente | 2,893 D |
| 1 Element | 0,024 D |

Jetzt waren die mittleren Abtheilungen am stärksten erwärmt. Wenn das Brennrohr ausser der gehörigen Tiefe auch noch die richtige Länge erhält, so wird die electromotorische Kraft der ganzen Säule noch erheblich gesteigert werden können.

Um endlich einen Begriff zu bekommen von der Veränderung, welche der Widerstand dieser Thermosäulen durch

die Erwärmuug erfährt, habe ich die Säule mit zunehmender Flammengrösse geheizt und jedesmal wenn eine Constanz der Stromstärke erreicht war, durch die Compensationsmethode den Widerstand und die electromotorische Kraft bestimmt. Es wurde gefunden:

| Electromotor. Kraft. | Widerstand Q. E. |
|---|---|
| — | 2,06 (normal) |
| 1,96 D | 2,20 |
| 2,23 | 2,36 |
| 2,39 | 2,50 |
| 2,55 | 2,70 |
| 2,96 | 2,93 |

Ein bestimmtes Gesetz, welches die beiden gefundenen Grössen miteinander verbindet, lässt sich nicht erwarten, da die Luftkühlung nicht immer dieselbe war. Jedenfalls findet eine ziemliche Regelmässigkeit in der Widerstandszunahme mit der Temperatur statt und zwar in einem Betrage, gegen welchen der oben gefundene Werth von k nur gering ist.

Was nun die aus den mitgetheilten Versuchen sich ergebenden Schlüsse über die Brauchbarkeit der Noëschen und der Clamond-Kochschen Thermosäulen betrifft, so gewinnt die letztere durch ihre grosse Solidität den Vorzug für technische Zwecke. Dass sie lange vor dem Gebrauch angeheizt werden muss, ist hiefür gleichgültig; einmal in Thätigkeit arbeitet sie mit grosser Constanz, sowohl in Bezug auf ihre electromotorische Kraft, als auf ihren Widerstand, fort. Auch wenn bei gleicher Elementenzahl die electromotorische Kraft hinter der der Noëschen Thermosäule zurückbleibt, wird ihre Brauchbarkeit nicht geringer, da die Vermehrung der Elemente leicht zu bewerkstelligen ist.

Nur die Brenner müssen den obigen Angaben entsprechend zweckmässiger construirt werden. Dagegen bietet die Noë-sche Säule für Laboratorienzwecke die grosse Annehmlichkeit, dass man (durch Koppelung mehrerer Cylindersäulen) eine ergiebige Stromquelle schnell zur Hand hat, deren electromotorische Kraft ebenfalls recht constant ist, und deren Dauerhaftigkeit in der neuen Construction auch schon wesentlich gewonnen hat.

Sitzung vom 1. Dezember 1877.

---

# Das Sterengesetz.

Von H. Schröder.
Correspondirendem Mitgliede.

---

1. Seit dem Jahre 1840 bin ich beharrlich bestrebt gewesen, die Regeln und Gesetze aufzufinden, welche der Volumconstitution fester Körper zu Grunde liegen.

Ein folgenreicher Fortschritt ist mir im Laufe der Jahre 1873 bis 1876 gelungen durch den Nachweis der Thatsache, dass die Componentenvolume der Verbindungen in der Regel genau in einfachen Verhältnissen stehen. Ich legte diess nach und nach an einer so grossen Zahl von Verbindungen dar, dass die Verallgemeinerung des Satzes vollkommen berechtigt erscheint. Ich wies diess z. B. nach am Quarz, in welchem das Silicium sein ursprüngliches Volum hat, und der Sauerstoff genau das gleiche Volum wie das Silicium einnimmt; ebenso z. B. am Olivin, in welchem die Magnesia mit ihrem eigenen Volum als Periklas enthalten ist, und die Kieselsäure genau das gleiche Volum einnimmt, wie die beiden Atome Magnesia, mit welchen sie verbunden ist.

Wenn aber die Componentenvolume der Verbindungen in einfachen Verhältnissen stehen, so folgt daraus der wichtige Satz:

In jeder Verbindung waltet oder herrscht ein bestimmtes Volummaass, dem sich alle Bestandtheile vollkommen unterordnen.

Für diesen von mir eingeführten Begriff des Volummaasses habe ich später das kürzere Wort „die Stere" angenommen.

Der obige Satz lässt sich daher dahin aussprechen:

In jeder Verbindung waltet oder herrscht eine bestimmte Stere.

2. Da sich in isomorphen Körpern sehr häufig das gleiche Volummaass, d. i. die gleiche Stere unzweifelhaft herausstellte, z. B. im KCl und NaCl, im Magnesit und Calcit, im Kalium Sulfat, Selenat und Chromat u. s. w., so lag es nahe, das Volummaass oder die Stere als im Zusammenhange mit der Krystallform stehend anzunehmen.

Eine wiederholte Durcharbeitung aller näher untersuchten chemischen Gruppen von diesem Standpunkte aus stellte indessen nach und nach unzweifelhaft heraus, dass eine unmittelbare Abhängigkeit der Stere von der Krystallform nicht stattfindet; dass isomorphe Körper mit ungleichen Steren vorkommen, und ebenso gleiche Steren bei sehr verschiedenen Krystallformen auftreten. Es ergab sich vielmehr, dass das Volummaass oder die Stere einer Verbindung lediglich von einem ihrer Elemente bestimmt wird, welches seine eigene Stere auf die ganze Verbindung überträgt. Es stellte sich nach und nach heraus, dass isomorphe Körper nur desshalb so häufig gleiche Steren haben, weil den Elementen, welche in einer Reihe von Verbindungsgruppen in der Regel isomorph erscheinen, sehr häufig auch genau die nämliche Stere eigenthümlich ist. Ich habe diess erstmals ausgesprochen im N. Jahrbuch der Mineralogie für 1875 S. 481. So haben z. B die rhomboëdrisch isomorphen Carbonate des Magnesiums, des Mangans und Calciums, d. i. der Magnesit, Rhodochrosit und Calcit

exact die nämliche Stere, weil dem Magnesium, Mangan und Calcium die gleiche Stere eigenthümlich ist.

Der erwähnte Satz lässt sich daher dahin präcisiren:

In jeder Verbindung waltet das Volummaass, d. i. die Stere eines ihrer Elemente, welches durch die bei der Krystallisation waltenden Kräfte alle übrigen Componenten und respective Elemente bestimmt, das gleiche Volummaass, die gleiche Stere anzunehmen.

Eines der Elemente assimilirt sich alle übrigen.

Ich nenne diesen Satz kurz „das Sterengesetz".

3. Man erkennt die exacte Gleichheit des Volummaasses oder der Stere des Magnesiums, Calciums, Mangans, Zinks und Cadmiums z. B. daran, dass 2 Atome Magnesium genau den gleichen Raum erfüllen, wie 3 Atome Zink; zwei Atome Cadmium den gleichen Raum, wie ein Atom Calcium; ein Atom Manganoxydul genau den gleichen Raum, wie ein Atom Magnesium; ein Atom Manganoxyd oder Braunit genau den gleichen Raum, wie 3 Atome Magnesia als Periklas; drei Atome Kalkspath oder Calcit genau den gleichen Raum, wie 4 Atome Magnesitspath, und wie 10 Atome Magnesia als Periklas u. s. w.

Es liegt diesen Verbindungen offenbar eine gemeinsame Stere zu Grunde, eine gemeinschaftliche Volumeinheit, durch welche sie sich alle messen lassen, auf welche bezogen sich alle ihre Elemente als ganze Multipla derselben ausdrücken lassen. Im Besonderen habe ich nachgewiesen, und in den Berichten des D. chem. Ges. in 3 Abhandlungen dargelegt, dass die Silberstere = 5,14 ist, und dass die Mehrzahl aller Silberverbindungen sich in einfachster Weise als reines Multiplum dieser Stere erweist.

Die Steren aller Elemente, die ich bis jetzt habe feststellen können, liegen in den engen Grenzen von 5,0 bis 6,1.

So hat z. B. der Kohlenstoff die Stere 5,11 und prägt sie einer Reihe von organischen Verbindungen auf. Der Phosphor und das Arsen haben die Stere 5,30, und übertragen sie auf eine grössere Zahl ihrer Verbindungen; das Lithium und Natrium haben die Stere 5,90 und prägen sie vielen ihrer Verbindungen auf u. s. w.

Es ist überraschend, wie exact und wie einfach sich die beobachteten Volume gut bestimmter Verbindungen hiemit erklären lassen, und es ist meine volle Ueberzeugung, dass das Sterengesetz fortan nicht mehr aus der Wissenschaft verschwinden wird.

4. Hiemit ergiebt sich nun auch ein Weg, die Volummolekel fester Körper aufzufinden. Es müssen zu derselben so viele Atome eines Elementes oder einer Verbindung genommen werden, aber nicht mehr, als nöthig sind, damit sich das Volum jedes Elementes für sich oder in der Verbindung als ganzes Multiplum der waltenden Stere ausdrücken lässt. Mit anderen Worten: Die feste Molekel enthält von jedem Element nur ganze Volume oder Steren.

So ist z. B. die feste Molekel des Zinks und des Zinkoxyds = $Zn_3$ u. $Zn_3O_3$, weil drei Atome Zink für sich und im Oxyd den Raum von fünf Volumeinheiten oder Steren einnehmen, und die 3 Atome O den Raum von 3 Steren.

Ich bezeichne die Anzahl der Atome jedes Elementes in einer Verbindung, wie üblich, mit einer ganzen Zahl rechts unten neben dem Zeichen des Elementes, und die Anzahl seiner Steren mit einer ganzen Zahl rechts oben neben dem Zeichen des Elementes. Die Stere selbst hebe ich dadurch hervor, dass ich sie über den Ziffern überstreiche, das beobachtete und das berechnete Volum dadurch, dass ich es unter den Ziffern unterstreiche. Ebenso

bezeichne ich in der Verbindung dasjenige Element, welches die Stere bestimmt, dadurch, dass ich es überstreiche.

Ich will diess durch ein Beispiel erläutern. Die Silberstere ist 5,14. Das metallische Silber ist

$$\overline{Ag}_1^2 = 2 \times \overline{5,14} = \underline{10,28}; \text{ beob. } v = \underline{10,28}$$

Das Clorsilber ist:

$$\overline{Ag}_1^2 Cl_1^3 = 5 \times \overline{5,14} = \underline{25,70}; \text{ beob. } v = \underline{25,7}$$

Das Jodsilber ist:

$$\overline{Ag}_1^2 J_1^6 = 8 \times \overline{5,14} = \underline{41,12}; \text{ beob. } v = \underline{41,1}$$

Diese Formeln drücken also aus: Im Chlorsilber und Jodsilber ist es das Silber, welches sich das Volummaass oder die Stere der anderen Elemente assimilirt. Das Silber ist mit seinem metallischen Volum im Chlorid und Jodid enthalten; die Volume von Silber und Chlor im Chlorsilber verhalten sich genau wie 2 : 3; von Silber und Jod im Jodsilber genau wie 1 : 3. Das Jod im Jodsilber nimmt genau den doppelten Raum ein, als das Chlor im Chlorsilber. Die beobachteten Volume stimmen mit den berechneten exact überein.

5. Zunächst werde ich nun an ein paar einzelnen Verbindungsgruppen eingehend nachweisen, in wie überraschend einfacher Weise sich das Sterengesetz geltend macht.

Ich wähle dazu einige Verbindungen der Kieselsäure, der Thonerde und der Bittererde.

Einen ähnlichen Nachweis für zahlreiche andere chemische Gruppen behalte ich mir vor.

---

## I. Das Sterengesetz nachgewiesen für die Gruppe:

### Silicium, Quarz, Sillimanit, Disthen.

§ 1. Die Beobachtungen sind:

1. Silicium = Si; m = 28.

Metallglänzende Krystallblätter, härter als Glas, haben

s = 2,490 Wöhler; v = 11,3

s = 2,493 Harmening; v = 11,2

Das Silicium ist noch in einer anderen Modification beobachtet, worauf ich hier nicht eingehe.

2. Quarz und Bergkrystall = $SiO_2$; m = 60; hexagonal.

Die Dichtigkeit des Quarzes ist von Le Royer & Dumas, von H. St. Claire Deville, von Th. Scheerer, von F. Graf Schaffgotsch und von H. Rose auf 3 Ziffern übereinstimmend beobachtet zu

s = 2,65 und v = 22,6

Die Kieselsäure ist noch in anderen Zuständen beobachtet worden, auf welche ich jedoch an anderer Stelle zurückkommen muss.

3. Der Sillimanit = $\dddot{Al}\,\ddot{Si}$; m = 162,8 ist mit dem Andalusit und Disthen isomer und heteromorph.

Fibrolith oder Faserkiesel und Buchholzit sind nur Varietäten des Sillimanits, von wesentlich gleicher Zusamensetzung.

Sillimanit von Norwich; s = 3,238 Dana; v = 50,3<br>
" " Yorktown; s = 3,239 Norton; v = 50,3<br>
" " Norwich; s = 3,232 Brush; v = 50,4<br>
Fibrolith s = 3,24 Bournon; v = 50,3<br>
" s = 3,20 Damour; v = 50,9<br>
" Von Carnati, Indien; s = 3,210 Chenevix; v = 50,7<br>
" " Brioude, Haute Loire; s = 3,209 " v = 50,7<br>
" " Steinheil, Morbihan; s = 3,193 " v = 51,0<br>
Bucholtzit von Chester; s = 3,239 Erdmann; v = 50,3

4. Disthen oder Cyanit = $\dddot{Al}\,\ddot{Si}$; m = 162,8.

Vom Gotthard, sehr rein s = 3,6 Marignac; v = 45,2<br>
" Greiner, Zillerthal s = 3,678 Jacobson; v = 44,2<br>
s = 3,661 Erdmann; v = 44,5<br>
Blättriger von Elfdahlen s = 3,48 Igelström; v = 46,8

§ 2. Da die Steren aller Elemente in den Grenzen 5—6,1 zu liegen scheinen, so ist die Stere des Siliciums am einfachsten als 5,65 angenommen, und die Vol. Mol. des Siliciums $= Si^2_1 = 2 \times \overline{5,65} = \underline{11,3}$

§ 3. Ich habe schon wiederholt darauf aufmerksam gemacht, dass dem Quarz genau das doppelte Volum des Siliciums zukomme; dass Sauerstoff und Silicium im Quarz gleichen Raum erfüllen, und dass das Silicium seine Stere auf den Quarz überträgt.

In der That, wenn man vom Quarzvolum das Volum des Siliciums abzieht, so bleibt für $O_2$ das Volum 11,3; für O also das Volum $\overline{5,65}$; ein Werth, welcher dem normalen Durchschnittsvolum des Sauerstoffs in den Oxyden, wie ich schon 1840 wahrgenommen habe, entspricht.

Hiemit ergibt sich aber als Volummolekel des Quarzes:

$$\text{V. M. Quarz} = \overline{Si^2_1}\, O^2_2 = 4 \times \overline{5,65} = \underline{22,6}.$$

§ 4. Theilt man das Volum des Sillimanits $= \dddot{Al}\,\ddot{\overline{Si}}$, welches zu 50,3 bis 50,9 beobachtet ist, und da der Sillimanit gewöhnlich 1½ bis 2% Eisenoxyd enthält, eher zu klein als zu gross beobachtet sein dürfte, theilt man dieses Volum mit der Siliciumstere, so findet man sofort, dass sie 9 mal darin enthalten ist.

Die einfachste Auffassung, welche zugleich durch die an den Componenten selbst beobachteten Volumconstitutionen nahe gelegt wird, ist

$$\text{V. M. Sillimanit} = Al^2_2\, O^3_3,\ \overline{Si^2_1}\, O^2_2 = 9 \times \overline{5,65} = \underline{50,85}$$

wie beob.

Hiernach wäre der Quarz als solcher im Sillimanit enthalten; die Thonerde aber mit der Volumconstitution des Korunds, jedoch mit der Siliciumsstere; als dem Volummaass des Quarzes assimilirter Korund.

§ 5. Was den Disthen $= \ddot{Al}\,\ddot{Si}$ betrifft, so fällt es sofort auf, und ich habe daurauf schon 1873 (Jahrb. Min. S. 939) aufmerksam gemacht, das der Disthen oder Cyanit genau das doppelte Volum des Quarzes hat. Es kommt also dem Disthen wie dem Silimanit die Siliciumstere zu.

Als naheliegende und wahrscheinliche Auffassung ergiebt sich hiernach

$$Al^2_2\, O^2_3,\ \overline{Si^2_1\, O^2_2} = 8 \times \overline{5{,}65} = \underline{45{,}20} \text{ wie beob.}$$

Auch im Cyanit wäre hiernach der Quarz als solcher enthalten, die Thonerde aber mit der Volumconstitution $Al^2_2\, O^2_3$, mit welcher sie für sich noch nicht beobachtet ist. Das Walten der Siliciumstere im Sillimanit und Disthen scheint mir nicht zweifelhaft, wenn auch die angenommene Volumconstitution der Componenten, obwohl sie die nächstliegende und einfachste ist, nur mit Reserve vorgelegt werden kann.

§ 6. Sillimanit und Disthen sind isomer mit dem Andalusit von gleicher Zusammensetzung. Wir werden sehen, dass im Andalusit die Aluminiumstere waltet, und dass der Kieselsäure darin das Volum des Korunds zukommt.

Es ist hiedurch erstmals ein gesetzmässiger Zusammenhang der Isomerie einer Verbindung mit ihrer Volumconstitution klar gelegt.

## II. Das Sterengesetz nachgewiesen für die Gruppe:

### Aluminium, Korund, Chrysoberyll, Diaspor, Andalusit.

§ 7. Die Beobachtungen sind:

I. Metallisches Aluminium $= Al$; $m = 27{,}4$.
Für kleine Mengen $s = 2{,}67$ bis $2{,}50$ Wöhler; $v = 10{,}28$ bis $10{,}98$.
Gehämmertes u. gewalztes $s = 2{,}67$ H.St. Cl. Deville; $v = 10{,}28$.

2. Korund, Rubin und Saphir = $Al_2O_3$; m = 102,8; rhomboëdr.

An natürl. Korundkrystallen fand Graf Schaffgotsch im Mittel aus vielen Bestimmungen s = 4,00; v = 25,7
Farblose Krystalle s = 4,022 Ch. Deville; v = 25,6.

Nach dem Schmelzen und Erstarren s = 3,992 Ch. Deville v = 25,8

Korund, s = 4,009 Breithaupt; v = 25,64
Künstliche Krystalle s = 3,928 Ebelmen; v = 26,17.
Im Porcellanofen geglühte Thonerde s = 3,999 H. Rose; v = 25,7.

Das Volum des Korunds ist daher nach Schaffgotsch, Deville und H. Rose übereinstimmend v = 25,7.

3 Der Chrysoberyll von der Krystallform des Diaspor's ist nach den Analysen = $\dddot{Al}_3\ \dot{Be}$, wofür, wenn Be = 14 ist, sich m = 384,4 ergiebt.

Für Chrysoberyll v. Ural i. M. s = 3,739 v. Kokscharow; v = 102,8
Künstlich dargestelte Krystalle s = 3,759 Ebelmen; v = 102,3

4. Diaspor = $Al_2O_3, H_2O$; m = 120,8.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Von | ? | s = 3,43 Berzelius; | v = 35,2 |
| „ | Trumbull, Connecticut; | s = 3,29 Shephard; | v = 36,8 |
| „ | Bahia | s = 3,464 Damour; | v = 34,9 |
| „ | Katharinenburg i. M. | s = 3,33 Hermann; | v = 36,3 |
| „ | Kleinasien | s = 3,45 Smith; | v = 35,0 |
| „ | Schemnitz, Ungarn | s = 3,303 Löwe; | v = 36,6 |

I. M. v = 35,8 etwa.

Die Beobachtungen stimmen nicht scharf, weil der Diaspor nicht rein vorkömmt. Alle analysirten Sorten sind eisenhaltig, wodurch s erhöht, v erniedrigt wird. Es kommen aber auch Verunreinigungen vor, durch welche s erniedrigt wird.

5. Andalusit und Chiastolith kommt vor als $\dot{Al}\ \ddot{Si}$; m = 162,8; isomer mit Disthen und Sillimanit.

Für den Andalusit von Munzig im Triebischthal fand Kersten die angegebene Zusammensetzung und

s = 3,152 Kersten; v = 51,7.

Dieselbe fand Damour für brasilianischen:

Von Brasilien s=3,16 Damour; v=51,5.

Der Andalusit enthält nach Bunsen (P. A. 47.186) in der Regel fremde Beimengungen, selbst wenn er schön krystallisirt ist. Durch seine Reinheit ausgezeichnet ist der Andalusit oder Chiastolith von Lancaster; seine Zusammensetzung ist nach Bunsen = $\ddot{Al}_6 \dot{\ddot{Si}}_7$; m=1036,8.

Chiastolith von Lancaster; s=3,088 Bunsen; v=335,8.

§ 8. Da das Aluminiummetall = 10,28 beob. ist, so ist die Aluminiumstere ohne Zweifel = $\overline{5,14}$, wie die Silberstere, und

$$\text{Vol. Mol. } \overline{Al}^2_1 = 2 \times \overline{5,14} = 10,28.$$

§ 9. Der Korund = $Al_2 O_3$ hat das Volum 25,7; es ist diess genau = 5×5,14. Das Vol. des Korunds enthält sonach 5 Aluminiumsteren. Das Aluminium überträgt seine Stere auf den Korund. Nimmt man für den Sauerstoff wieder sein normales Durchschnittsvolum, hier mit der Aluminiumstere = $\overline{5,14}$, also für 3 O das Vol. $3 \times \overline{5,14} = 15,42$, so ergiebt sich für $Al_2$ der Rest 10,28. Es nehmen also 2 Atom Aluminium im Korund genau den nämlichen Raum ein, wie 1 Atom Aluminiummetall.

Schon 1840 habe ich richtig wahrgenommen, dass die Leichtmetalle sehr häufig mit ihrem halben Metallvolum in ihre Verbindungen eingehen.

Volumconstitution und Volummolekel ergiebt sich hiernach

für Korund = $\overline{Al}^2_2 O^3_3 = 5 \times \overline{5,14} = \underline{25,70}$ wie beob.

§ 10. Der Chrysoberyll = $\ddot{Al}_3 \dddot{Be}$ hat das Vol = 102,8.

Auf den ersten Blick sieht man, dass diess das zehnfache Volum des Aluminiummetalls ist. Der Chrysoberyll enthält daher 20 Aluminiumsteren.

Der Korund enthält 5 solche Steren; 3 Atome Korund geben 15 Steren; es bleiben daher für die Beryllerde

$= Be_2\,O_3$ ebenfalls 5 Steren, wie diess auch für die mit dem Korund isomorphe Beryllerde für sich beobachtet ist. Nur ist die Berylliumstere etwas kleiner, was ich hier nur erwähnen will.

In der That, zieht man vom Volum des Chrysoberylls 3 mal das Volum des Korunds ab, so bleibt für die Beryllerde ein Volum genau gleich dem des Korunds.

Im Chrysoberyll sind daher Korund und Beryllerde mit ihren ursprünglichen Volumen, aber die Beryllerde mit der Stere des Korunds enthalten.

Hiernach ist die Vol. Const. des Chrysoberylls gegeben durch die Formel $3\,\overline{Al}^2_2\,O^3_3 + Be^2_2\,O^3_3 = 20 \times \overline{5,14}$.

Aber die Molekel lässt sich halbiren, und schreiben:

Vol. Mol. Chrysoberyll $= \overline{Al}^5_3\,Be^1_1\,O^6_6 = 10 \times \overline{5,14} = 5\underline{1,4}$ wie beob.

§ 11. Für den Diaspor $= Al_2\,O_3, H_2\,O$ ist i. M. beobachtet $v = 35,8$ etwa.

Er enthält 7 Aluminiumsteren, denn $7 \times \overline{5,14} = \underline{35,98}$ wie beob.

Das Wasser, welches er enthält, ist basisches Wasser welches erst in der Glühhitze entweicht. Dass die Thonerde darin als Korund enthalten sei, wird schon aus der Thatsache wahrscheinlich, dass der Chrysoberyll mit dem Diaspor von gleicher Krystallform ist, und dass der erstere, wie wir eben gesehen, die Thonerde als Korund enthält. Der Diaspor hat 7 Steren: der Korund hat 5 Steren; zieht man diese ab, so bleiben für das Hydratwasser 2 Steren $= 2 \times \overline{5,14} = 10,28$; und seine Vol. Const. ist ohne Zweifel $= H^1_2\,O^1_1$, So ergiebt es sich auch aus dem mit dem Diaspor isomorphen Manganit $= Mn_2\,O_3, H_2\,O$.

Hiermit ist Vol. Const. und Vol. Molekel für

$$\text{Diaspor} = \overline{Al^2_2}\,O^3_3,\ H^1_2\,O^1_1 = \overline{Al^2_2}\,H^1_2\,O^4_4 = 7 \times \overline{5,14} = \underline{35,98}$$

wie beob.

§ 12. Für den Andalusit und Chiastolith $= Al_2\,O_3,\ Si\,O_2$ ist das Volum v=51,5 bis 51,7 beob. Es fällt sofort auf, und ich habe darauf schon 1873 (J. M. p. 938) aufmerksam gemacht, dass diess genau das doppelte Vol. des Korunds ist. Der Andalusit enthält die Thonerde als Korund, und die Kieselsäure mit der Stere und dem Volum des Korunds, wahrscheinlich als $Si^3_1\,O^2_2$ oder als $Si^2_1\,O^3_2$; was ich hier unentschieden lassen muss. Vol. Const. und Vol. Mol. sind für Andalusit

$$\overline{Al^2_2}\,O^3_3,\ Si^3_1\,O^2_2 \text{ od. } \overline{Al^2_2}\,O^3_3,\ Si^2_1\,O^3_2 = 10 \times \overline{5,14} = \underline{51,4} \text{ wie beob.}$$

Für den Chiastolith von Lancaster ergiebt sich ebenso

$$6\ \overline{Al^2_2}\,O^3_3 + 7\ Si^3_1\,O^2_2 = 65 \times \overline{5,14} = \underline{334,10} \text{ wie beob.}$$

## III. Das Sterengesetz nachgewiesen für die Gruppe:

Magnesium, Periklas, Spinell, Olivin, Diopsid, Humit, Kalkthonerde- und Magnesiathonerde-Granat.

§ 13. Die Beobachtungen sind:

1. Das Magnesium = Mg; m=24.

Galv. red. s=1,743 Bunsen; v=13,85.

Durch Na reducirtes s = 1,75 H. St. Claire Deville u. Caron; v=13,72.

2. Periklas und geglühte Magnesia = Mg O; m = 40. Regulär.

Im Porcellanofen geglühte Magnesia s=3,644 H. Rose; v=10,98
Künstlich in Krystallen erthaltene s=3,606 Ebelmen; v=11,09
Natürlicher Periklas s=3,674 Damour; v=10,89
„ „ s=3,75 Scacchi; v=10,7
Vom Monte Somma s=3,642 Cossa; v=10,99

Der natürliche Periklas enthält 4 bis 6% Eisenoxydul, wodurch sich seine Dichtigkeit etwas erhöht.

3. Spinell = Mg O, $Al_2 O_3$; m = 142,8 Regulär.

Die beobachteten Dichtigkeiten des Spinells stimmen nicht scharf überein, da der gewöhnliche, der Zeylanit, statt der Magnesia einen Theil Eisenoxydul, der Chlorospinell (G. Rose) statt der Thonerde einen Theil Eisenoxyd enthält. Die meisten Spinelle enthalten auch ein oder mehr Procente Kieselsäure.

Von Slatoust s = 3,721 v. Kokscharow; v = 38,4
Gewöhnl. Spinell hat s = 3,77 bis 3,80 G. Rose; v = 37,9 bis 37,6 (P. A. 50. 652)
Chlorospinell vom Ural i. M. S = 3,593 G. Rose; v = 39,7

Im Mittel für beide Sorten nach G. Rose; v = 38,7.

Für einen Spinell von Ramos in Mexico giebt Rammelsberg die Formel 3 $\dot{M}g \dddot{A}l + \dot{F}e \dddot{A}l$. Hiefür ist m = 603,2. Nach Burkart ist s = 38,65; also v = 156,1. Auf $\dot{R} \dddot{A}l$ bezogen ergiebt sich hieraus v = 39,0.

4. Die reinste Varietät des Augits, der Diopsid, hat die Zusammensetzung $\dot{M}g \ddot{S}i + \dot{C}a \ddot{S}i$; m = 21,6.

Aus Gulsjö, Wermland s = 3,249 Rommelsberg; v = 66,5; sehr rein.
Smaragdgrüner s = 3,28 Damour; v = 65,9

Von Ala, Piemont, nur stellenweise grün gefärbter, vollkommen klarer Diopsid gab s = 3,249 Schröder: v = 66,5
Vom Zillerthal, schwach grün; s = 3,289 Schröder; v = 65,7
Von Ottawa, Canada; s = 3,265 Hunt; v = 66,2
Von High Falls, Canada s = 3,274 Hunt; v = 66,0

5. Der Magnesia-Chrysolith oder Olivin = $Mg_2O_2, SiO_2$; m = 140 ist meist eisenhaltig, wodurch sich seine Dichtigkeit etwas zu gross, sein Volum wohl etwas zu klein ergiebt.

Die reinsten untersuchten Sorten haben ergeben:

a. Weisser Olivin vom Monte Somma; s=3,243 Rammelsberg; v=43,2 (P. A. 109. 568) enthält 2,33% FeO

b. Wasserheller Chrysolith aus der Eifel (1% FeO enthaltend)

s=3,227 Tschermack; v=43,4

c. Aus dem Serpentin von Snarum, Norwegen (P. A. 148. 330)

s=3,22 Helland; v=43,5

d. Von Webster, Nordcarolina, über 7% FeO enthaltend

s=3,252 Genth; v=43,3

e. Frischer Olivin aus dem Basalt von Unkel bei Oberwinter

s=3,19 Jung; v=43,9

f. Vom Hekla, s=3,226 Genth; v=43,4 (etwa 7% FeO enthaltend)

g) Von Bolton, Massachusetts, sehr rein etwa 1,5% FeO enthaltend

s=3,21 Brush; v=43,6.

Nimmt man Rücksicht auf den Eisengehalt nach den resp. Analysen und berechnet nach Abzug des bekannten Volum's des Eisenchrysoliths das sich für den reinen Magnesiachrysolith ergebende, so fällt dieses etwas grösser aus =43,8 etwa; so dass man in runder Zahl wohl 44,0 für den Olivin angenähert erwähnen darf.

6. Dem H u m i t kommt nach G. v. Rath die Formel zu

$$Mg_5\,O_5, Si_2\,O_4;\ m=320;$$

worin geringe, aber wechselnde Mengen von O durch Fluor, und etwas Magnesia durch Eisenoxydul vertreten sind. In den Vesuvischen Humiten fand G. v. Rath (P. A. 147. 258) etwa 40 Atome Silicat auf 1 Atom Fluorid; in den Schwedischen 20 Atome Silicat auf 1 Atom Fluorid. Auf das beobachtete V o l u m hat dieser geringe Fluorgehalt keinen mit Sicherheit messbaren Einfluss.

Der Humit kommt seiner Krystallform nach in 3erlei

Typen vor. Für den 3. Typus bemerkt G. v. Rath, dass sowohl Rammelsbergs als seine Analysen für denselben einen etwas grösseren Kieselgehalt ergeben haben; so dass hiedurch angedeutet sein könne, dass die Mischung nicht absolut identisch ist. Vom wechselnden Fluorgehalt hängt seinen Analysen zu Folge die Verschiedenheit der Typen nicht ab.

Für Typus I. ist beob.

s = 3,234 Scacchi; v = 98,9
s = 3,216 Rammelsberg; v = 99,5
s = 3,208 G. v. Rath; v = 99,7

Für Typus II. ist beob.:

Vom Vesuv: s = 3,177 Scacchi; v = 100,7
„ „ s = 3,190 Rammelsberg; v = 100,3
„ „ s = 3,125 G. v. Rath; v = 102,4
Von Schweden s = 3,057 G. v. Rath; v = 104,7

J. M. v = 102,0 und ohne den Schwedischen v = 101,4.

§ 14. Der Kalkthonerdegranat ist

$3\ (CaO, SiO_2) + Al_2O_3$; m = 450,8.

a. Er ist sehr rein von Hunt beobachtet. Der grünlich weisse Granatfels von Orford, Canada, enthält nur 1,6% $Fe_2O_3$ und $Mn_2O_3$ und 0,49 Mg. O.

s = 3,52 bis 3,53 Hunt; v = 127,7 bis 128,1

b. Granat von Rancho De San Juan in Mexico ist ebenfalls nach Damour sehr reiner Kalkthonerdegranat, nur 1,36% $Fe_2O_3$; 0,96% MnO und 0,67% MgO enthaltend.

s = 3,57 Damour; v = 127,0

7. Magnesiathonerdegranat = $3\ (MgO, SiO_2) + Al_2O_3$; m = 402,8.

Die Granate der Serpentine sind nach Delesse diese Verbindung.

s = 3,15 Delesse; v = 127,9.

Hieraus ergiebt sich, dass Kalkthonerdegranat und Magnesiathonerdegranat, und folgweise das Kalksilicat und das Magnesiasilicat im Granat isoster sind.

§ 15. Ich habe schon erwähnt, dass die Steren der Elemente zwischen den Zahlen 5,0 und 6,1 eingeschlossen scheinen, und dass namentlich die zahlreichen Verbindungen der Metalle der Magnesiumreihe vielfach, wenn nicht völlig doch nahe die gleiche Stere nachweisen $\overline{5,49}$ bis $\overline{5,52}$, in runder Zahl $\overline{5,5}$ etwa.

Wird diess auf das Magnesiummetall angewendet, welches = 13,7 bis 13,8 beobachtet ist, so ergiebt sich sofort, dass 2 Atome desselben eine ganze Sterenzahl ausmachen, denn $2 \times \underline{13,7}$ bis $2 \times \underline{13,8} = 27,4$ bis $27,6 = 5 \times \overline{5,48}$ bis $5 \times \overline{5,52}$

Es ist daher die V. M. des Magnesiums

$$\overline{Mg_2^5} = 5 \times \overline{5,5} = 27,5 = 2 \times \underline{13,75} \text{ wie beob.}$$

§ 16. Da der Sauerstoff in den Oxyden in der Regel das Volum 5 bis 6 einnimmt, so ergiebt sich hiemit für den Periklas und die geglühte Magnesia die einfache V. M.

$$\overline{Mg_1^1 O_1^1} = 2 \times \overline{5,48} \text{ bis } 2 \times \overline{5,52} = \underline{10,96} \text{ bis } \underline{11,04} \text{ wie beob.}$$

§ 17. Zieht man von dem beob. Volum des Magnesiachrysoliths oder Olivins = 43,8 das beobachtete Volum des Periklases doppelt genommen ab, so bleibt für die Kieselsäure genau das gleiche Volum, welches die 2 Atome Periklas einnehmen.

$$\begin{array}{lll} \text{Olivin} = 2\,MgO + SiO_2 & = 43,8 & \\ \text{ab} \quad = 2\,MgO & = 21,9 = 2 \times \underline{10,96} & \text{wie beob.} \\ \hline \text{giebt für } SiO_2 \text{ den Rest} & v = 21,9 & \end{array}$$

Ich habe hieraus schon 1873 (Jahrb. d. M. 566) ganz richtig geschlossen, dass im Olivin die Magnesia und die Kieselsäure gleiche Volume einnehmen, und dass der Quarz

im Olivin zwar als solcher, aber mit dem Volummaass des Periklases enthalten sei.

Für den Olivin ergiebt sich hieraus die einfache Vol.-Mol.

$$\overline{Mg_2^2}\, O_2^2;\ Si_1^2\, O_2^2 = 8 \times \overline{5{,}49} = \underline{43{,}92} \text{ wie beob.}$$

In runder Zahl mit der Stere $\overline{5{,}5}$ würde sich hieraus das Volum des Silicats Mg O, Si $O_2$ berechnen zu $3 \times \underline{11{,}0} = \underline{33{,}0}$.

§ 18. Für den Diopsid = Mg O, Si $O_2$ + Ca O, Si $O_2$, dessen Volum in runder Zahl = 66,0 beobachtet ist, legt sich nun fofort die Auffassung nahe, dass in demselben die beiden Verbinduugen Mg O, Si $O_2$ und Ca O, Si $O_2$ gleiche Volume, und zwar das Volum 33,0 jede einnehmen, wie es sich aus dem Chrysolith ergeben hat; dass also im Diopsid der Kalk und die Magnesia, wie in so manchen anderen Fällen gleiche Volume einuehmen. Schon im Jahrb d. Min. 1873. S. 564 und 65 habe ich dargelegt, dass sich Augit und Hornblende durch die Vol. Const. der darin enthaltenen Kalkerde unterscheiden. Während die Hornblende den Kalk als solchen und das Kalksilikat als Wollastonit enthält, ist der Kalk im Augit mit der Vol. Const. des Periklases enthalten. Es stimmt diess auch mit dem krystallographischen und optischen Verhalten überein; denn für die Constitution der echten monoklinometrischen Pyroxene (Augite) ist nach Descloizeaux ein gewisser grösserer Kalkgehalt von 10 bis 14% nothwendig; wo er fehlt, ist die Krystallform niemals die des Augits.

Es ergiebt sich hienach unmittelbar die Vol. Const. und Vol. Mol. des Diopsids als

$$\overline{Mg_1^1}\, O_1^1,\ Si_1^2\, O_2^2 + \overline{Ca_1^1}\, O_1^1,\ Si_1^2\, O_2^2 = 12 \times \overline{5{,}49} \text{ bis } 12 \times \overline{5{,}50}$$
$$= \underline{65{,}88} \text{ bis } \underline{66{,}0} \text{ wie beob.}$$

§ 19. Die ganz entsprechende Vol. Const. ist zu

entnehmen für den 1. Typus des Humits $= Mg_5\,O_5, Si_2\,O_4$, dessen Vol. zu 99 in runder Zahl beobachtet ist.

Ist die Magnesia darin als Periklas mit dem Vol. 11,0 in runder Zahl, und die Kieselsäure als Quarz mit der Magnesiumstere und dem Vol. 22,0 enthalten, so ergiebt sich unmittelbar für die 5 Atome Magnesia das Volum $5 \times 11 = 55$ und für die 2 Atome Quarz das Volum $2 \times 22 = 44$, zusammen 99 wie beob.

Die Vol. Mol. des 1. Typus Humit ist hiernach

$$\overline{Mg^5_5}\,O^5_5, Si^4_2\,O^4_4 = 18 \times \overline{5{,}49} \text{ bis } 18 \times \overline{5{,}52} = \underline{98{,}82} \text{ bis } \underline{99{,}06}$$

wie beob.

§ 20. Für den 2. Typus des Humits stimmen die beobachteten Volume noch nicht genügend überein, um einen sicheren Schluss zu gestatten. Das mittlere für den 2. Typus beobachtete Volum 102,0 und ohne den Schwedischen = 101,4 würde sich entsprechend ergeben, wenn im 2. Typus die Siliciumstere die bestimmende wäre; denn hiemit würde sich berechnen:

$$Mg^5_5\,O^5_5, \overline{Si^4_2}\,O^4_4 = 18 \times \overline{5{,}65} = \underline{101{,}70}, \text{ wie i. M. beob.}$$

Wenn nun auch diese Auffassung nur mit grosser Reserve vorgelegt werden kann, so ist sie doch ihrer Einfachheit wegen fernerer Beachtung werth.

§ 21. Auch für den Spinell und den Kalkthonerde- und Magnesiathonerde-Granat ergiebt sich das beobachtete Volum, wenn im Spinell die Magnesia als Periklas, im Granat das Kalksilicat und Magnesiasilicat wie im Augit und Olivin, die Thonerde aber im Spinell und Granat als Korund, mit der Stere des Magnesiums und Calciums erkannt wird.

Vol. Mol. und Vol. Const. dieser Granate ergeben sich hiernach als

$$3\ (\overline{Ca}_1\,O^1_1, Si^2_1\,O^2_2) + Al^2_2\,O^3_3 = 23 \times (\overline{5{,}49} \text{ bis } \overline{5{,}52})$$
$$= \underline{126{,}27} \text{ bis } \underline{126{,}46}$$

$$3\ (\overline{Mg^1_1}\,O^1_1, Si^2_1\,O^2_2) + Al^2_2\,O^3_3 = \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ .$$

In Uebereinstimmung hiemit ist beobachtet v = 127. Die Vol. Mol. des Spinells ergiebt sich:

$$\overline{Mg^1_1}\,O^1_1, Al^2_2\,O^3_3 = 7 \times (\overline{5{,}49} \text{ bis } \overline{5{,}52}) = \underline{38{,}43} \text{ bis } \underline{38{,}64}$$

wie beob.

§ 22. Ich stelle hier nochmals die Verbindungen des Magnesiums zusammen, welche die Magnesia und den Kalk mit der Vol. Const. des Periklases, die Kieselsäure mit der des Quarzes, die Thonerde als Korund, aber alle mit dem Volummaass oder der Stere der Magnesia enthalten.

Ihre Volummolekel haben sich ergeben:

1. Periklas $= \overline{Mg^1_1}\,O^1_1$
2. Spinell $= \overline{Mg^1_1}\,O^1_1, Al^2_2\,O^3_3$
3. Olivin $= \overline{Mg^2_2}\,O^2_2, Si^2_1\,O^2_2$
4. Diopsid $= \overline{Mg^1_1}\,O^1_1, Si^2_1\,O^2_2 + \overline{Ca^1_1}\,O^1_1, Si^2_1\,O^2_2$
5. Humit, 1. Typus, $= \overline{Mg^5_5}\,O^5_5, Si^4_2\,O^4_4$
6. Kalkthonerdegranat $= 3\ (\overline{Ca^1_1}\,O^1_1, Si^2_1\,O^2_2) + Al^2_2\,O^3_3$
7. Magnesiathonerdegranat $= 3\,(\overline{Mg^1_1}\,O^1_1, Si^2_1\,O^2_2) + Al^2_2\,O^3_3$

Diese sämmtlichen Volume lasssen sich daher nach dem Sterengesetz in einfachster Weise und in genauer Uebereinstimmung mit der Beobachtung auf die für die Componenten selbst beobachteten Volume zurückführen.

Die Vol. Const. von 1—4 und 6 u. 7 hatte ich, wie erwähnt, schon 1873 und 1874 in der Hauptsache richtig aufgefasst; auch 'die Uebereinstimmung des Volummaasses schon theilweise wahrgenommen. Ich hatte damals jedoch die in einem der Elemente, hier im Magnesium und Cal-

cium liegende assimilirende Kraft als Ursache der gemeinsamen Stere noch nicht erkannt.

§ 23. Auch die Härte entspricht in dieser Gruppe der gegebenen Auffassung.

Diese ist für Periklas = 6; für Quarz = 7; für Korund = 9.

Für Spinell = 8 liegt sie der Vol. Const. entsprechend zwischen Periklas und Korund.

Für Granat = 6,5 bis 7,5 liegt sie der Vol. Const. entsprechend zwischen Periklas, Quarz und Korund.

Für Olivin = 6,5 bis 7 liegt sie der Vol. Const. entsprechend zwischen Periklas und Quarz.

Für Humit = 6,5 liegt sie der Vol. Const. entsprechend zwischen Periklas und Quarz.

## Schlussbemerkung.

1. Möge es mir gestattet sein, auch das weitere Ziel näher zu bezeichnen, nach welchem alle einfachen Volumbeziehungen convergiren, auf welches sie alle hindeuten.

Es ist das allgemeine Volumgesetz, nach welchem sich die Körper nur verbinden im Verhältniss vielfacher Werthe mit ganzen Zahlen von gleichen Volumen; oder kürzer ausgedrückt:

A. Die Körper verbinden sich nur nach ganzen Volumen, nach ganzen Steren; wie sie sich nur nach ganzen Atomen verbinden.

B. Die Volume verschiedener Körper stehen in einfachen Verhältnissen:

Von Gasen bei gleichem Druck und gleicher Temperatur.

Von Flüssigkeiten bei gleicher Spannkraft ihrer Dämpfe.

Von festen Körpern bei gleicher Stere der assimilirenden Elemente.

2. Mit dem nunmehr viel leichter gemachten Fortschritt dieser Untersuchungen werden sich voraussichtlich bald noch weitere Beziehungen der Volumconstitution zur Krystallform und zu anderen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körper herausstellen, bei deren Berücksichtigung sodann die Unbestimmtheit mehr und mehr schwindet, welche von vornherein diese Untersuchungen so überaus schwierig und undankbar hat erscheinen lassen, dass sie von den meisten Forschern hoffnungslos bei Seite gelegt wurden.

3. Man wird vielleicht Anfangs geneigt sein, nur einige Regelmässigkeiten in den Volumbeziehungen fester Körper, welche ich nachweise, anzuerkennen. Ich denke jedoch nach und nach so viele ebenso einfache und schöne Beziehungen, wie die hier mitgetheilten vorlegen zu können, dass schliesslich auch der allgemeine Sinn dieser Beziehungen völlig klar werden muss.

4. Möge indess dass Volumgesetz und das Sterengesetz immerhin vorerst nur als eine theoretische Hypothese betrachtet werden. Da man sich von einer theoretischen Auffassung, von einer Hypothese, bei jeder methodischen Forschung muss leiten lassen, um angemessene und systematische Fragen an das Experiment, nud durch dasselbe an die Natur zu stellen, so kann diese Hypothese in Ermangelung jeder anderen der Wissenschaft nur förderlich sein.

Karlruhe den 22. November 1877.

## Sitzung vom 1. Dezember 1877.

Herr Erlenmeyer spricht:

### 1) Ueber Hydroxysäuren.

### *a) Dihydroxypropionsäure, Di- und Monohydroxybernsteinsäure.*

Bei der weiteren Verfolgung meiner Untersuchung über Hydroxysäuren habe ich auch einige complicirter zusammengesetzte Verbindungen wie Glycerinsäure, Weinsäure und Aepfelsäure der Einwirkung verdünnter Schwefelsäure bei 130° ausgesetzt. Es zeigte sich zunächst, dass aus den drei genannten Säuren ebenfalls Ameisensäure abgespalten wird. Die Untersuchung der neben dieser auftretenden Körper ist noch nicht beendet; sie ist sehr erschwert, weil, wie es scheint, die anfangs entstandenen aldehydischen Spaltungsprodukte zum Theil Condensation erfahren.

Ganz besonders interessant ist das Verhalten der Aepfelsäure. Da dieselbe von der einen Seite betrachtet, als $\alpha$ Hydroxysäure von der anderen als $\beta$ Hydroxysäure erscheint, so konnte man vermuthen, dass sie sich zum Theil als $\alpha$- zum Theil als $\beta$-Säure spalten würde.

Nach dem Erkalten der Röhren, in wolchen die Aepfelsäure mehrere Stunden mit verdünnter Schwefelsäure (1 $SO_4H_2$ : 3 Wasser) auf 130° erhitzt wurde, zeigt sich zunächst ein sehr erheblicher krystallinischer Niederschlag

in der Flüssigkeit, der sich als reine Fumarsäure erwies. Beim Oeffnen der Röhren entweicht unter mässigem Druck $CO_2$ und die Flüssigkeit enthält (neben noch unveränderter Aepfelsäure) Aethylaldehyd und Ameisensäure. Wenn man die neugebildeten Körper entfernt und die klare Flüssigkeit wieder erhitzt, so bilden sich von neuem dieselben Produkte, aber nach Schätzung in grösster Menge die Fumarsäure. Es ist bis jetzt nicht gelungen, Milchsäure, welche man als Vorläufer der Ameisensäure und des Aethylaldehyds vermuthen könnte, mit Sicherheit nachzuweisen.

Das Auftreten von $CO_2$ veranlasste mich zu versuchen, ob dieselbe nicht aus der Fumarsäure abgespalten werde, da wie ich früher beobachtete, die analog zusammengesetzte Zimmtsäure leicht eine solche Veränderung erleidet. Es zeigte sich, dass die Fumarsäure in der That unter Bildung von Kohlendioxyd zersetzt wird, dass nebenbei aber merkwürdiger Weise auch Ameisensäure, etwas Kohlenmonoxyd und Aethylaldehyd entstehen. (Von letzterem scheint ein Theil in Crotonaldehyd verwandelt zu werden). Ja es ist hier sogar möglich gewesen eine geringe Menge eines Zinksalzes zu gewinnen, das in der Form des gährungsmilchsauren Zinks krystallisirte.

Es entsteht nun die Frage, ob die Fumarsäure unter (scheinbar denselben) Bedingungen, unter welchen sie aus Aepfelsäure entsteht, auch wieder in dieselbe übergehen kann, oder ob das neben $CO_2$ aus ihr entstehende Spaltungsproduct, die Acrylsäure, in s a u r e r Flüssigkeit sich mit Wasserbestandtheilen zu gewöhnlicher Milchsäure zu verbinden im Stande ist, die dann ihrerseits in Aethylaldehyd und Ameisensäure gespalten wird. Mit der experimentellen Entscheidung dieser Frage bin ich beschäftigt.

Schliesslich will ich noch erwähnen, dass auch W e i t h Berl. Ber. 10. 1744. Aepfelsäure mit verdünnter Schwefelsäure erhitzt hat. „Unter totaler Zersetzung der Aepfelsäure

entstanden Kohlensäure, Kohlenoxyd und Aldehyd.“ Die Aepfelsäure war in verdünnter Schwefelsäure gelöst und die Lösung bis zur Siedetemperatur 135° eingekocht worden. Dann wurde sie noch bis zur Beendigung der Gasentwicklung am aufsteigenden Kühler gekocht. Es geht hieraus hervor, dass Weith viel concentrirtere Schwefelsäure einwirken liess als ich und desshalb weder die Bildung von Fumarsäure noch die von Ameisensäure beobachten konnte.

### *b) Monohydroxypropionsäuren.*

#### *Ueberführung der Paramilchsäure in Gährungsmilchsäure.*

Strecker hat Fleischmilchsäure durch Erhitzen auf 130—140° in Anhydrid verwandelt und aus diesem durch längeres Kochen mit Wasser Gährungsmilchsäure erhalten. Wislicenus hat diesen Versuch mit reiner Paramilchsäure wiederholt und die Angabe von Strecker bestätigt gefunden. Da nun die Paramilchsäure ganz andere Salze bildet, wie die Gährungsmilchsäure, hielt ich es für interessant, die aus beiden Säuren zu erhaltenden Chlorpropionsäurester mit einander zu vergleichen. Es ergab sich, dass die beiden in ganz gleicher Weise dargestellten Ester denselben Geruch, denselben Siedepunkt und dasselbe specifische Gewicht besassen. Danach war schon zu vermuthen, dass beide durch Verseifung und Substitution des Chlors durch Hydroxyl[1]) — zur gewöhnlichen Milchsäure führen würden. Diese Vermuthung hat sich dann auch bestätigt. Alle Krystallisationen des dargestellten Zinksalzes zeigten die Form, Löslichkeit und den Krystallwassergehalt des gährungsmilchsauren Zinks. Es geht hieraus hervor, dass durch Ersetzung des Hydroxyls in der Paramilchsäure durch Chlor die von Wis-

1) Diese zwei Reactionen liessen sich in einer Operation durch Erhitzen mit Wasser bewerkstelligen.

licenus angenommene geometrische Isomerie verschwindet und auch nicht wieder zum Vorschein kommt, wenn das Chlor wieder durch Hydroxyl substituirt wird.

### *Versuche zur Darstellung der Wislicenus'schen Aethylenmilchsäure.*

Wie ich schon früher mittheilte war mir die Gewinnung des aethylenmilchsauren Zinks nach Wislicenus aus Fleischmilchsäure nicht gelungen. Die damals verwendete Fleischmilchsäure war nach der Methode von Liebig dargestellt. Nachdem nun Wislicenus eine von der Liebig'schen abweichende kürzere Methode bekannt gemacht hatte, bediente ich mich auch noch dieser, indem ich mit peinlicher Gewissenhaftigkeit den Angaben von Wislicenus folgte. Ich erhielt denn auch bei der Fällung des Zinksalzes mit Alkohol in der That eine alkoholische Mutterlauge, die beim Eindampfen eine geringe Menge einer amorphen Masse hinterliess. Diese besass aber einen so entschiedenen Fleischextractgeruch, dass ich sie sofort auf Stickstoff prüfte. Schon beim Erhitzen einer Spur der amorphen Masse auf dem Platinspatel entwickelten sich Dämpfe, die ein darüber gehaltenes Curcumapapier sofort stark braun färbten. Als diese Masse einige Zeit in einem mit Filtrirpapier bedeckten Gefäss an der Luft gestanden hatte, war sie feucht geworden und es hatten sich Krystallwarzen abgeschieden, die sich nachdem die gelbe Mutterlauge mit Alkohol davon entfernt worden war, als gährungsmilchsaures Zink erwiesen. Die Mutterlauge wieder verdampft und an der Luft stehen gelassen, zeigte dieselben Erscheinungen und so noch mehrmals, bis zuletzt eine sehr geringe Menge einer amorphen sehr stickstoffreichen Masse übrig blieb, die aber noch zinkhaltig war. Drei Jahre nachdem ich

diesen Versuch ausgeführt hatte, theilte Klimenko Berl. Ber. 9. 1604 mit, dass er ebenso wie ich das in Alkohol leicht lösliche Zinksalz von Wislicenus aus der Fleischmilchsäure nicht erhalten habe.

Da Klimenko nicht angegeben hat, ob die zu seinem Versuch verwendete Fleischmilchsäure nach Liebig's oder nach Wislicenus' Methode dargestellt war, so entschloss ich mich noch einmal Fleischmilchsäure nach beiden Methoden aus demselben Fleischextract zu bereiten und beide Producte neben einander in Zinksalze zu verwandeln und diese in der Weise zu behandeln wie es Wislicenus angiebt. Das Resultat war dasselbe wie ich es früher erhalten. Das fleischmilchsaure Zink nach Liebig krystallisirte bis auf den letzten Tropfen, das nach Wislicenus verhielt sich genau so wie ich es oben beschrieben habe.

Mittlerweile hat Linnemann angegeben, dass acrylsaures Natron mit einer wässerigen Lösung von Natronhydrat bei 100° in hydracrylsaures und äthylenmilchsaures Natron, ungefähr zu gleichen Theilen, umgewandelt würde. Auch diesen Versuch habe ich — in Gemeinschaft mit Herrn F. Fischer — ausgeführt, um endlich einmal die Aethylenmilchsäure kennen zu lernen. Diess war mir aber immer noch nicht vergönnt: Wir erhielten neben unveränderter Acrylsäure nur Hydracrylsäure, deren Natronsalz bei 143° schmolz. Da Linnemann nicht genau angiebt, wie er seinen Versuch ausgeführt hat, so ist es möglich, dass wir unter anderen Bedingungen arbeiteten wie er, und nur desshalb ein anderes Resultat bekamen.

Auch aus den Mutterlaugen der $\beta$ Jodpropionsäure, deren uns freilich nicht sehr grosse Quantitäten zu Gebote standen, konnten wir nach den Angaben von Wislicenus Berl. Ber. 9. 1208 bisher keine andere Aethylenmilchsäure, als Hydracrylsäure gewinnen. Doch sollen diese Versuche

wiederholt werden, sobald uns eine grössere Menge von Jodpropionsäuremutterlauge zur Verfügung steht[2]).

Was zuletzt die Bildung der Wislicenus'schen Aethylenmilchsäure aus Aethylencyanhydrin anbelangt, so wurde hier schon vor zwei Jahren (vgl. Inauguraldissertation von Adolf Kaysser München 1875 S. 34) nachgewiesen, dass man beim Kochen von Aethylencyanhydrin mit Salzsäure keine andere Aethylenmilchsäure, als Hydracrylsäure erhält. Daraufhin hat Wislicenus Berl. Ber. 8. 1207. seine Aethylenmilchsäure aus Aethylencyanhydrin einer nochmaligen Untersuchung unterworfen und darin auch Hydracrylsäure gefunden, die Hauptmasse scheint aber wie früher Aethylenmilchsäure gewesen zu sein.

Da nun Wislicenus das Aethylencyanhydrin nicht mit Salzsäure, sondern mit Alkalihydrat[3]) zersetzte, so hielt ich es für angemessen, auch einen Versuch in dieser Art auszuführen. Vollkommen reines Aethylencyanhydrin wurde allmälig mit einer Lösung von Natronhydrat, aus Natrium bereitet, zu-

---

2) Ich will bei dieser Gelegenheit erwähnen, dass es uns gelungen ist, aus der Glycerinsäure regelmässig 89 bis 90 Proc. der theoretischen Menge an $\beta$ Jodpropionsäure zu erzielen, während Mulder Berl. Ber. 9. 1903 angiebt, dass er die Hälfte der theoretischen Menge erhalten habe und dazu bemerkt: „Mehr wird man in Folge vieler Nebenreactionen, die nicht zu vermeiden sind, wohl nicht erhalten können." Wir bringen Glycerinsäure und Jodphosphor in dem von Beilstein vorgeschriebenen Verhältniss direct zusammen; nach kurzer Zeit beginnt eine sehr heftige Reaction, nach deren Verlauf eine dunkelbraune syrupförmige Flüssigkeit entstanden ist. Manchmal tritt nach einigen Minuten eine zweite weniger heftige Reaction ein, deren Resultat eine hellgelbe Flüssigkeit ist. Sollte diese zweite Reaction nicht von selbst eintreten, so muss sie durch Erhitzen hervorgerufen werden. Die nach dem Erkalten krystallisirte Masse wird durch Auskochen mit Petroleumäther oder Schwefelkohlenstoff erschöpft. Man erhält sogleich reine Säure, die manchmal höchstens etwas gelblich gefärbt ist.

3) vgl. Liebigs Annalen 128. 6.

sammengebracht und bis zum Aufhören der Ammoniakbildung erhitzt. Das erhaltene Produkt wurde mit Schwefelsäure neutralisirt, eingedampft und der Rückstand mit absolutem Alkohol ausgekocht. Das aus dem ersten Auszug erhaltene Salz fing schon bei 120° an zu schmelzen. Es zeigte sich aber, dass ihm eine in kaltem Alkohol lösliche an der Luft zerfliessliche gelblich gefärbte stickstoffhaltige Substanz, die schon bei der Wärme des Wasserbads schmolz, in geringer Menge beigemischt war. Nach Beseitigung derselben zeigte das Natronsalz den von Wislicenus für das hydracrylsaure Natron angegebenen Schmelzpunkt 142 bis 143° und in keinem der alkoholischen Auszüge war ein Salz enthalten, das die Eigenschaften des Natronsalzes der Wislicenus'schen Aethylenmilchsäure besass. Doch will ich nicht unerwähnt lassen, dass in dem Salzrückstand, der an kochenden Alkohol nichts mehr abgab, noch organische Substanz enthalten war, die bis jetzt nicht näher untersucht wurde, die aber keinesfalls das Natronsalz der fraglichen Aethylenmilchsäure sein kann, weil dieses nach Wislicenus in Alkohol leicht löslich ist. Da ich keinen Grund hatte, in die Richtigkeit der Beobachtungen eines so hervorragenden Forschers wie Wislicenus irgend welchen Zweifel zu setzen, so habe ich mir alle erdenkliche Mühe gegeben, die zweite resp. die eigentliche Aethylenmilchsäure, welche sich in ihren Salzen sowie in ihrem Verhalten zu Jodwasserstoff und zu Oxydationsmitteln so wesentlich von der Hydracrylsäure unterscheidet, nach den Angaben von Wislicenus wie nach der von Linnemann darzustellen, um sie näher kennen zu lernen, aber es ist mir bis jetzt leider nicht geglückt. Die Frage, ob neben der Hydracrylsäure noch eine andere Aethylenmilchsäure existirt. ist aber wissenschaftlich so interessant und wichtig, dass ich es noch nicht aufgeben werde, auf dieselbe zu fahnden, wenn ich auch nicht leugnen kann, dass mein Glaube an deren Exi-

stenz durch meine seitherigen Erfahrungen erheblich erschüttert worden ist.

## 2) Ueber das Verhalten des acrylsauren Natrons gegen wässerige und schmelzende alkalische Basen.

Redtenbacher sagt in seiner Abhandlung „Ueber die Zersetzungsproducte des Glyceryloxyds durch trockne Destillation" Liebigs Annalen 47. 135 bei Besprechung der Acrylsäure: „Gegen Basen verhält sie sich wie Essigsäure und Ameisensäure, bei langer Behandlung mit alkalischen Basen erhält man zuletzt essigsaure Salze." Ausser dieser Beobachtung hat Redtenbacher in der ganzen Abhandlung keine andere über das Verhalten der Acrylsäure zu den Alkalien angeführt, aber trotzdem werden ihm noch zwei andere zugeschrieben. So sagt Linnemann Berl. Ber. 6. 1530. „Nach R. wird die Acrylsäure bei längerem Stehen mit wässerigen Alkalien durch den Sauerstoff der Luft zu Essigsäure und Ameisensäure oxydirt. Ferner meint Linnemann, wie aus seinen Bemerkungen Berl. Ber. 10. 1121 und 22 unzweideutig hervorgeht, Redtenbacher habe Acrylsäure mit Kalihydrat geschmolzen und dabei Essigsäure und Ameisensäure erhalten. (Siehe unten S. 232.)

Wer den Versuch ausgeführt hat, auf welchen sich die in allen Lehrbüchern enthaltene Angabe gründet, die Acrylsäure werde durch schmelzendes Kali in Essigsäure und Ameisensäure verwandelt, habe ich nicht ausfindig machen können. Ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich sage, diese Angabe verdankt ihre Entstehung einem Analogieschluss, nicht aber einem Experiment, das man mit Acrylsäure ausgeführt hat. Aber trotzdem hat sie jeder Chemiker für richtig gehalten, ehe Linnemann Berl. Ber. 6. 1531 den Ausspruch that:

„Die seit Decennien in allen Lehrbüchern figurirende Gleichung

$$\underbrace{C_3\,H_4\,O_2}_{\text{Acrylsäure}} + 2\,H_2\,O = H_2 + \underbrace{C_2\,H_4\,O_2}_{\text{Essigsäure}} + \underbrace{CH_2\,O_2}_{\text{Ameisensäure}}$$

ist demnach thatsächlich „grundfalsch.“

Linnemann gründet seinen negirenden Ausspruch auf ein Experiment, das er a. a. O. wie folgt beschreibt:

„Als ich in 15 grm. eben geschmolzenen Kalihydrats unter Umrühren rasch 3 grm. acrylsaures Natron eintrug, fand starke Verkohlung und Gasentwicklung statt; in der Schmelze war aber auch keine Spur einer flüchtigen Säure vorhanden.“

Da ich mir nicht denken konnte, dass sich die Acrylsäure von der methylirten Acrylsäure, der Crotonsäure Kekulé's so ganz verschieden verhalten sollte, habe ich in Gemeinschaft mit Herrn Fischer auch einen Schmelzversuch von acrylsaurem Natron mit Kalihydrat vorgenommen. Es wurde dabei freilich nicht ganz nach der Angabe von Linnemann verfahren. Das acrylsaure Natron wurde mit dem 5fachen Gewicht Kalihydrat in der grade hinreichenden Menge Wasser gelöst, die Lösung im Silbertiegel verdampft und dann geschmolzen, bis die Masse anfing gelblich zu werden. Wir erhielten dann bei der Verarbeitung der Schmelze in der üblichen Weise sowohl Essigsäure, als auch Ameisensäure. In gleicher Art wurde der Versuch zweimal wiederholt und führte jedesmal zu demselben Resultate. Diese Beobachtung veranlasste mich zu dem Schluss, dass die Angabe von Linnemann nicht richtig sei. Nachdem ich diess in einer Anmerkung Berl. Ber. ausgesprochen hatte, erschien Berl. Ber. 10. 1121 folgende Notiz von Linnemann über das „Verhalten des acrylsauren Natrons gegen schmelzende Alkalien.“

„Im Jahre 1873 habe ich die Beobachtung gemacht[4]), dass das acrylsaure Natron entgegen den Beobachtungen von Redtenbacher, weder beim Stehen, noch beim Einkochen mit wässerigen Lösungen von Aetzkali, noch beim Schmelzen mit Kalihydrat „Essigsäure und Ameisensäure" liefert. Im letzteren Falle sah ich das acrylsaure Natron beim Eintragen in das geschmolzene Kalihydrat verkohlen.

Als ich später fand, dass das Reactionsprodukt des acrylsauren Natrons mit erwärmter Natronlauge „hydracrylsaures und äthylenmilchsaures Natron" sei[5]), musste ich mir gestehen, dass angesichts der Beobachtung von Wislicenus[6]), nach welcher Hydracrylsäure beim Schmelzen mit Kali vorwiegend Essigsäure und Ameisensäure liefert, die Angabe Redtenbacher's ganz richtig sein konnte, insofern es nur von den näheren Umständen, unter welchen acrylsaures Natron und Natronhydrat geschmolzen werden, abhängen muss, einmal Essigsäure und Ameisensäure zu erhalten, das anderemal nicht.

Ist das Kalihydrat noch so wasserhaltig, dass dessen Schmelztemperatur unter der Zersetzungstemperatur des acrylsauren Natrons liegt, so kann sich das acrylsaure Natron unter diesen Umständen vielleicht rasch in hydracrylsaures Salz umwandeln, und dieses dann beim weiteren Einschmelzen Essigsäure und Ameisensäure liefern; ist das Kalihydrat dagegen wasserarm, und liegt sein Schmelzpunkt über der Zersetzungstemperatur des acrylsauren Natron, dann wird das letztere beim Eintragen in das geschmolzene Alkali verkohlen und keine Essigsäure und Ameisensäure liefern, wie ich es eben beobachtete. Aus Redtenbacher's Angaben(?) ist nicht ersichtlich, wie er seinen Versuch angestellt

---

4) Berl. Berichte VI, 1530.
5) Berl. Berichte VIII, 1096.
6) Annal. d. Ch. u. Ph. CLXVI. 1. S. 32.

hat. Hätte er gar vor dem Schmelzen wässerige Lösungen von acrysaurem Salz und Alkalien vermischt, eingedampft und hierauf geschmolzen, dann hätte er sicher Essigsäure und Ameisensäure erhalten müssen.

Vor Kurzem nun hat E. Erlenmeyer in einer Anmerkung[7]) mitgetheilt, meine Angabe über das Verhalten des acrylsauren Natrons gegen schmelzendes Kali sei „nicht richtig", da nach Versuchen von ihm und Fischer acrylsaures Natron und Kalihydrat ohne Verkohlung zusammenschmelzen und hierbei Essigsäure und Ameisensäure entstehen.

Ich halte meine Angabe vollkommen aufrecht und will mit dem Vorliegenden nur andeuten, wie sich der Widerspruch zwischen meinen und Erlenmeyer's Angaben selbst für den Fall erklären lassen wird, dass wir beide identische Acrylsäuren unter Händen hatten.

Ich möchte desshalb dem „nicht richtig" Erlenmeyer's einstweilen ein „wohl Beides richtig" gegenüberstellen. Der Versuch kann ja hier leicht Aufklärung verschaffen." —

Es wäre hiernach unsere nächste Aufgabe gewesen zu ermitteln, ob sich unter den Umständen, welche dem Schmelzprocess bei unseren Versuchen vorausgingen, Hydracrylsäure gebildet haben konnte, aber ich sah den Grund nicht ein, warum diese Säure leichter durch schmelzendes Kali in Essigsäure und Ameisensäure zersetzt werden solle, als die Acrylsäure. Wir wendeten uns desshalb direct zu der Ausführung eines Schmelzversuchs genau so wie ihn Linnemann zuerst beschrieben hat. Wir trugen in eben geschmolzenes trocknes Kalihydrat unter Umrühren rasch die entsprechende Menge gepulverten acrylsauren Natrons ein und erhielten einige Zeit im Schmelzen. Es gelang uns dabei nicht, die Verkohlung des acrylsauren Natrons zu beobachten. Die Operation verlief ganz so wie früher, die Schmelze hatte eine gelbliche Farbe angenommen. Es wurde nun etwa die

7) Diese Berichte X, 629.

Hälfte derselben ausgegossen, der Rückstand wieder zum Schmelzen erhitzt und noch 10 Minuten darin erhalten. Die Masse zeigte dann nach dem Erkalten eine schwachgraue Färbung. Beide Producte, das durch kürzere und das durch längere Schmelzdauer erhaltene, lieferten in der üblichen Weise verarbeitet Essigsäure und Ameisensäure so zwar, dass die länger erhitzte Schmelze weniger ergab als die erstere. Als wir nun essigsaures und ameisensaures Natron je für sich mit Kalihydrat so lange wie die letztere Schmelze des acrylsauren Natrons erhitzten und dann wieder auf die resp. Säuren verarbeiteten, ergab sich, wie vorauszusehen war, dass von diesen Säuren ein gewisser Procentsatz verschwunden d. h. in kohlensaures Salz und Sumpfgas resp. Wasserstoff zersetzt worden war.

Aus unseren Versuchen ist zu entnehmen, dass das acrylsaure Natron bei der Schmelztemperatur des trocknen Kalihydrats nicht verkohlt, sondern in essigsaures und ameisensaures Salz gespalten wird, dass aber bei zu langem und wahrscheinlich auch bei kurzem aber zu hohem Erhitzen die neuen Salze weiter in kohlensaure Salze verwandelt werden. Man kann desshalb Linnemann ohne Bedenken zugestehen, dass es nur von den näheren Umständen abhängen muss, einmal Essigsäure und Ameisensäure zu erhalten, das anderemal nicht, und insofern kann man auch meinem „nicht richtig" sein „wohl Beides richtig" gegenüberstellen.

Wir wollten nun doch auch noch sehen, ob sich bei unseren früheren Versuchen wohl Hydracrylsäure gebildet haben konnte. Es wurden desshalb acrylsaures Natron und Kalihydrat in der nöthigen Menge Wasser gelöst und die Lösung eingedampft. In dem Rückstand wurde nun mit verdünnter Schwefelsäure die Acrylsäure freigemacht und die Flüssigkeit unter öfterer Erneuerung des Wassers so lange destillirt, als das Destillat noch sauer reagirte. Die in der Retorte zurückgebliebene Flüssigkeit wurde nun

mehrmals mit Aether ausgeschüttelt, es liess sich aber keine organische Säure gewinnen, es scheint somit keine Hydracrylsäure gebildet worden zu sein. Man muss vielmehr vor der Hand[8]) annehmen, dass auch bei unserem früheren Verfahren der Kalischmelzung Essigsäure und Ameisensäure direct aus Acrylsäure entstanden sind.

Was zuletzt noch die Eingangs erwähnte Angabe Redtenbacher's betrifft, so ist es zwar nicht ganz sicher, aber nach dem, was ihr vorausgeht, doch sehr wahrscheinlich, dass die Behandlung mit wässerigen, nicht mit trocknen alkalischen Basen gemeint ist. Wir haben desshalb acrylsaures Natron mit Natronlauge in einem verschlossenen Silberkolben während 12 Tagen bei einer Temperatur von 30⁰ in Berührung gelassen. Bei der Untersuchung des Gemisches konnten neben der unveränderten Acrylsäure nur Spuren von Essigsäure und Ameisensäure nachgewiesen werden. Wenn wir annehmen, dass Redtenbacher sowohl in dem vorliegenden Fall als auch bei der Untersuchung der Oxydationsproducte der Acrylsäure mit Eisenchlorid und mit Bleioxyd auf Essigsäure geprüft hat, so ist uns sein Irrthum erklärlich; denn wir haben gefunden, dass sich den beiden genannten Reagentien gegenüber die Acrylsäure der Essigsäure ganz gleich verhält. Die Lösungen der acrylsauren Salze werden durch Eisenchlorid dunkelrothbraun gefärbt und beim Behandeln einer Acrylsäurelösung mit überschüssigem Bleioxyd bekommt man eine alkalisch reagirende Flüssigkeit. Die Acrylsäure lässt sich aber von der Essigsäure qualitativ dadurch unterscheiden, dass ihre Salze mit arseniger Säure keine Kakodylreaction geben.

8) Ich sage vor der Hand, weil ich nach den Erfahrungen mit der Aepfelsäure die Möglichkeit nicht ausschliessen will, dass die Hydracrylsäure unter dem Einfluss verdünnter Schwefelsäure wieder in Acrylsäure verwandelt wurde.

Herr Hermann v. Schlagintweit-Sakünlünski legt vor und erläutert:

## „Bericht über die ethnographischen Gegenstände unserer Sammlungen und über die Raumanweisung in der k. Burg zu Nürnberg."

Mit einer Kartenskizze.

I n h a l t.

Die Benützung königl. Räume zu München und zu Nürnberg. — Allgemeine Bemerkungen über die Sammlungen; die ethnographischen Gegenstände. — Skizze der Gebiete und der Reisewege. —

Die Zusammenstellung der ethnographischen Sammlung; Schema der Abtheilungen.

A. Personen-Liste der plastischen Abbildungen, „Abtheilung I." Die Vervielfältigung und Herausgabe. — Die Reihenfolge in der Tabelle. — Neue Beiträge meiner Brüder Eduard und Robert.

B. Register der Objecte der Cultur und der Technik, verzeichnet in den „Abtheilungen II bis XX." Signatur nach Gruppen und grossen Gegenständen; Bezifferung in der Aufstellung. — Erläuterung der Abtheilungen.

„Transscription" S. 344.

Nachdem von Seiner Majestät König Ludwig II. mir gestattet wurde, für das noch nicht officiell aufgestellte Material unserer Sammlungen in der k. Burg zu Nürnberg den grossen „Bilder-Saal" am Lindenhofe und jenes Vorgebäude, welches „Himmels-Stall" genannt ist, zu benützen, hatte ich während dieses Sommers und Herbstes das Trans-

feriren, im September und October auch das Fortarbeiten am systematischen Catalogisiren vornehmen können; ich hatte mich bei letzterem vorzüglich mit den ethnographischen Gegenständen zu beschäftigen.

Sogleich nach der Rückkehr hatten wir im Palais Mon Bijou zu Berlin vom k. Cabinet provisorisch sehr schöne Räume angewiesen erhalten; von 1860 an standen die Sammlungen im Schlosse Jägersburg bei Forchheim.

Für unsere Aquarelle und Zeichnungen[1]) und für die Photographieen, für die Landkarten[2]), sowie für die gesammelte Bibliothek, welche nebst der Literatur der von Europäern ausgeführten wissenschaftlichen Arbeiten auch 122 selbstständige tibetische Werke in Druck und in Manuscripten enthält[3]), war mir seit mehreren Jahren in der k. Neuen Pinakothek zu München Raum gewährt worden. Diese Gegenstände waren schon damals systematisch geordnet und vergleichend zusammengestellt.

Das naturgeschichtliche Material ist ebenfalls eingehend verzeichnet, — in Blätter-Heften und in einem allgemeinen

1) Es sind dieselben Landschaften und Architecturen; mit jenen meines Bruders Adolph (ermordet zu Káshgar am 26. Aug. 1857) ist die Zahl derselben 751. Die letzte seiner landschaftlichen Ansichten, welche noch von den Dienern überbracht wurden, die er von Turkistán aus in seiner bedrängten Lage zurücksenden musste, ist eine Felsen-Studie, „Die Klüftung der Felsen bei △ Mazár", vom 24. Juli. Im Cataloge der Handzeichnungen sind, in Beziehung auf Ethnographie die „monumentalen Gebäude" und die „Wohngebäude der Eingebornen" zu besonderen Reihen vereint; sie bilden Gruppe X., mit Nr. 250 bis 277 und Gruppe XI., mit Nr. 278 bis 353.

2) Für die Landkarten-Sammlung war vor 2 Jahren Ankauf und Aufnahme in die k. Hof- und Staatsbibliothek bestimmt worden.

3) Erläuterndes Verzeichniss der tibetischen Bücher ist von meinem Bruder Emil Schlagintweit, Corr. der philos.-philol. Cl. der k. Ak., bearbeitet. Das Geschichtswerk „Die Könige von Tibet", das sich dabei befindet, hat er in Uebersetzung und mit Druck des Textes publicirt. München, Verlag der k. Ak., in Commission bei G. Franz, 1866.

Cataloge — mit Berücksichtigung des Auftretens und der Bedingungen der Verbreitung. Als Theil I ist in jenem Cataloge, für die anthropologischen Gegenstände Uebersicht der „Menschenskelette", 21 an der Zahl, sowie der „Schädel", deren sich 55 noch anschliessen, gegeben. Auch auf die Reihen unserer zahlreichen Abformungen an Lebenden ist in Kürze dort hingewiesen.

Für das gesammelte zoologische und botanische Material ist systematische Analyse vielfach schon möglich geworden. In den Publications-Listen des akademischen „Almanachs" hatte ich wiederholt Gelegenheit, die betreffenden, von Fachmännern übernommenen Arbeiten anzuführen. Zugleich ist aus den naturgeschichtlichen Objecten Verschiedenes, was als neuer Beitrag sich bot, in die k. Staats-Sammlungen eingereiht worden, besonders aus der zoologischen Sammlung nach Auswahl des Conservators Herrn Professors von Siebold.

In Verbindung mit den ethnographischen Gegenständen sind bis jetzt nur die in mechanischen Abformungen hergestellten „Raçentypen" ganz geordnet und vollständig durchgearbeitet gewesen, und diese sind als plastische Facsimiles auch vervielfältigt und ausgegeben worden.

Eine Reihe derselben ist sehr bald nach ihrer Publication in die k. Sammlung unter Conservator Herrn Prof. Wagner aufgenommen worden, und es konnten im Anschlusse an diese einige andere Objecte, die in Duplicaten vorhanden waren, ebenfalls dort abgegeben werden.

Als Ganzes für sich sind dagegen die ethnographischen Gegenstände unserer Sammlungen vereint geblieben. Sowohl wegen der Ausdehnung der Gebiete als auch wegen der Vielseitigkeit im Völkerleben und in den Religionsverhältnissen war es für Indien und seine Nachbarstaaten vor allem nöthig gewesen, das gegenseitig sich Ergänzende möglichst sorgfältig zu berücksichtigen. Es bedingte diess,

Sitz. Ber. der. K. b. Ak. d. W. phys. Cl. 1877. Heft III.



ungeachtet sorgfältiger Auswahl schon während des Sammelns, auf den Reisen bedeutende, den Transport oft sehr erschwerende Menge des ethnographischen Materiales, und die Bearbeitung desselben nach der Rückkehr nach Europa hatte sich auch dadurch noch verzögert, dass für manche andere Theile der Sammlungen, um die gute Erhaltung zu sichern, Präcedenz der Revision, in Verbindung mit Reinigen der Skelette, Ausstopfen der Felle, u. s. w. nothwendig gewesen war. —

Als topographisches Bild der in den Sammlungen vertretenen Gebiete erlaube ich mir eine Kartenskizze hier beizulegen. Da ich mich in der Herstellung derselben auf die Reduction 1 : 16½ Millionen beschränkte, habe ich von den Gebirgsregionen sowohl Hochasiens als der indischen Halbinsel nur die für die allgemeine Gestaltung charakteristischen Kammlinien gegeben.

Die Namen der Provinzen sind im Tieflande, weil dort Raum genug dafür ist, in der Karte einzeln eingetragen. In den Catalogen sind, für die Raçentypen sowie für die Culturgeräthe, die Provinzen im Innern des mittleren Theiles der Halbinsel zwischen 18° und 25° N. Br. nur gemeinschaftlich als „Central-Indien" angegeben, schon desshalb, weil die einzelnen derselben ohnehin verhältnissmässig klein sind; noch mehr ist man hiezu veranlasst, weil innerhalb dieses Theiles von Indien die Elemente der Bevölkerung, die sehr verschiedenartige sind, nicht allgemein in genauer Coïncidenz mit jenen Grenzen stehen, welche durch die herrschenden Bewohner für die Provinzen sich gebildet hatten.

Auch in Verwaltung von Seite der Regierung sind diese Gebiete als „*Central-Provinces*" zusammengefasst. Der Sitz der obersten Administrationsbehörde ist jetzt Nágpur, in Berár. Die Stadt liegt an den Ufern der Nag Nădi oder des Schlangen-Flusses, nur wenig südlich von dem

Mittelpunkte des Gebietes; ihre geographischen Coordinaten sind: 21° 10′ nördl. Br., 79° 7′ östl. Länge von Greenw., 935 e. F. Höhe in der Thalsohle[4]). Obwohl Berár erst seit Anfang 1854 den indischen Besitzungen ganz annectirt wurde, hatte Nagpúr der wichtigen Lage wegen seit lange schon eine auch für indische Städte ungewöhnliche Grösse erreicht[5]).

Für das Hochhgebirge ist auf der Karte der ganze Südabhang des Himálaya-Kammes gegen Indien als 1 Ganzes zusammengefasst und ist in Kürze „Himálaya" bezeichnet[6]), während der Nordabhang, der ausschliesslich von turanischer Raçe bewohnt ist, in die allgemeine Bezeichnung „Tíbet", als der südliche Theil, eingeschlossen ist. Für das westliche Tibet bildet hier die nördliche Grenze die wasserscheidende Kette des Karakorúm-Kammes.

In den Catalogen sind die den einzelnen Provinzen entsprechenden Trennungen auf der Südseite des Himálaya stets angegeben, da hier sehr häufig, und dann viel bestimmter begrenzt als im Tieflande, mit den Terrainverhältnissen die Trennung nach Raçen coïncidirt.

Was ihr Eintragen in die Karte auf dem Südabhange des Himálaya nicht anwenden liess, ohne dass es die Deutlichkeit des Flussnetzes sehr beschränkt hätte, ist der Umstand, dass im Allgemeinen die Breite des Himálaya-Südabhanges eine geringe ist, wenigstens im Verhältnisse zur ganzen Länge.

In der Uebersicht, die ich hier gebe, sind die Provinzen aufgezählt von Osten und Süden gegen Westen und

4) „Results" Vol. II p. 190.

5) Die Bodengestaltung und die Verhältnisse der Bevölkerung sind besprochen in „Reisen" Bd. I S. 169—174.

6) Am Südabhange des Himálaya, wie die ethnographischen Listen sogleich zeigen werden, tritt turanische Raçe, auch in Verbindung mit dem Buddhismus, im östlichen Theile ebenfalls in grosser Ausbreitung auf.

Norden, und bei Doppelreihen in den etwas breiteren Theilen sind die nördlicheren Provinzen hereingerückt. Die Hauptprovinzen sind dabei gesperrt gedruckt; kleinere Unterscheidungen, die bei den Sammlungs-Gegenständen als Angaben der Eingebornen anzuführen waren, sind nach der Hauptprovinz, der sie angehören, eingeschaltet. Da solche Bezeichnungen theils mit localen ungewöhnlichen Thalbildungen theils mit der Geschichte der Wanderungen der Bewohner sich verbinden, finden sich deren bei der unmittelbaren Bereisung ziemlich viele sogar; aber meist ist das Areal, auf das sie sich beziehen, klein, oder es hat auch die Zeit dazu beigetragen, ihre Anwendung gegenwärtig vorzüglich auf den dominirenden Ort des Areals zu beschränken.

1. Die Provinzen auf der indischen Seite des Himálaya, sind die folgenden:

a. Oestlicher Theil.

| | |
|---|---|
| Bhután | Nepál. |
| Síkkim | |

In diesen Gebieten war auch für alle Objecte der Sammlungen eine dem betreffenden Reiche vorliegende Tarái, das charakteristische subtropische Sumpfland, zu unterscheiden.

b. Westlicher Theil.

| | |
|---|---|
| Kămáon | Jămu |
| Johár | Rajáuri |
| Gărhvál | Lahól |
| Símla | Kishtvár |
| Bissér | Kashmír |
| Kanáur | Mărri |
| Kúlu | Hazára. |
| Chámba | |

2. Für das östliche Tíbet sind Provinzen bei den gesammelten Gegenständen nicht unterschieden worden, da unsere eigenen Routen nicht hindurch führten; nur Lása, die Hauptstadt, konnte wiederholt mit genügender Bestimmtheit als Ausgangsstelle angegeben werden.

3. In West-Tíbet sind ebenfalls mit Unterscheidung nach Grösse und Lage, die folgenden Provinzen in den Angaben getrennt gehalten worden; sie sind auch hier zu zahlreich um in der kleinen Karte angegeben zu sein.

| | |
|---|---|
| Gnári Khórsum | Zánkhar |
| Spíti | Gué-Hasóra |
| Rúpchu | Táshing-Hasóra |
| Pangkóng | Bálti |
| Ladák | Gílgit |
| Núbra | |

4. Nördlich von der Karakorúm-Kammlinie und für das Künlűn-Gebirge nebst dem ihm folgenden centralen Becken waren als Provinzen Ost-Turkistán's anzugeben, mit Eintragen der Lage:

| | |
|---|---|
| Khotán | Káshgar. |
| Yárkand | |

Von Ortsnamen ist in der indischen Halbinsel sowie in den Hochgebirgen ausser der Bezeichnung der Hauptorte der betreffenden Provinz die Angabe der Namen nur für Punkte durchgeführt, wo Veranlassung zu etwas verlängertem Aufenthalt sich geboten hatte, sowie für solche, wo Kreuzungen unserer Wege bei wiederholtem Durchziehen einzelner Gebiete gelegen sind.

Eingehend ist aber die Darstellung des Flussnetzes gegeben, da dieses auch für die ethnographischen Verhältnisse, ähnlich wie für die niederen Stufen organischer Entwicklung, von vielseitiger und wichtiger Bedeutung noch ist. Im Flussnetze Indiens tritt unter anderem im Nordwesten

beinahe die ganze Fläche Rajváras in auffallendem Gegensatze zu den Umgebungen — ungeachtet ihrer so bedeutenden Grösse und ihrer Lage in Tiefland, das bis zu den Küsten des arabischen Meeres sich fortzieht — sogleich als wasserlose Wüste entgegen.

Das Itinerar für unsere einzelnen Routen sowie für jene, auf welchem Gefolge von uns wegen correspondirender Beobachtungen und wegen topographischer Daten oder, häufiger, wegen Ausdehnung des Sammelns, in Nebenmärschen zu reisen hatte, ist ausführlich im 1. Bande der „Results" tabellarisch zusammengestellt[7]).

Als Form des Gradnetzes ist hier für die Karte Mercators Projection gewählt. Diese ist nemlich für graphische Darstellungen[8]) von physicalischen Verhältnissen in

7) Results of a scientific Mission to India and High Asia. Leipzig, F. A. Brockhaus; London, Trübner and Co. Vol. I p. 11—35. 1861.

Der betreffende Theil des Atlas in Folio enthält die Karte: Routes taken by Hermann, Adolphe, and Robert de Schlagintweit, and their Assistants and Establishments in India and High Asia from 1854 to 1858. Auf jener Karte sind in der Zeichnung unserer eigenen Routen für einen jeden von uns die Linien in der Art des Eintragens unterschieden, und zeitweis getrennte Routen unserer Begleiter sind ebenfalls als solche markirt.

8) Die erste Construction derselben hatte ich gemacht für die Transactions der London Royal Society von 1863, als ich dort mit dem Berichte über die indischen Temperaturverhältnisse auf 5 dieser Karten die Isothermen des Jahres und der Jahreszeiten vorlegte.

Mit Anwendung von Farbendruck gab ich sie auch als Uebersichtskarte in Band I meiner „Reisen in Indien und Hochasien." Jena H. Costenoble.

In den Sitzungsberichten der philosophisch-philologischen Classe der k. b. Akademie hat sie, d. d. 4. Dez. 1875, mein Bruder Emil zur Herstellung seiner Sprachenkarte von Britisch-Vorderindien angewandt, in Verbindung mit seiner Abhandlung: „Die geographische Verbreitung der Volkssprachen Ostindiens. Nach amtlichen Quellen."

Curven die günstigste, und es hatte mir diese Karte in gleicher Grösse hiezu schon mehrmals als Basis gedient.

Da die geographische Breite für den nördlichen Theil der Karte 40 Grad nicht erreicht, ist die Vergrösserung der Flächen mit wachsender Breite, welche mit Mercators Projection sich verbindet, verhältnissmässig noch nicht bedeutend zu nennen und es wird die Beurtheilung gegenseitiger Entfernung auch im allgemeinen Ueberblick nur wenig dadurch erschwert, wenn man zugleich berücksichtigt, dass die Grösse des Maassstabes bei 0 Grad Breite zu jener bei 40° Breite nahezu wie 1 : 1 $^1/_3$ sich verhält; die betreffenden Einheiten für beide Lagen sind einzeln eingetragen.

Eine grössere Special-Karte für das Westliche Hochasien ist im 3. Bande der „Reisen" 1872 erschienen; diese enthält für die Terraindetails von Ost-Turkistán auch die Ergebnisse der späteren Bereisungen von Indien her, die nach uns seit 1865 begonnen hatten. —

In der Transscription der Wörter aus Indien und den angrenzenden Ländern ist für die Karte, sowie für den Text, als abweichend vom Deutschen zu erwähnen: Von den Consonanten lautet ch = tsch; h nach Consonant ist hörbare Aspiration, aber kh in Khan ist = ch im Deutschen; j = dsch; sh = sch; v = w; z = weiches s. Von den Vocalen sind die unbestimmt tönenden durch das Kürzezeichen ˘, die nasalen durch den Circumflex ˜ markirt.

In jedem mehrsylbigen Worte ist der Hauptton durch einen Accent bezeichnet.

---

In der nun vorgelegten übersichtlichen Zusammenstellung der ethnographischen Gegenstände, welche

im Auszuge dem „General-Verzeichnisse“ entnommen ist, sind dieselben in der folgenden Weise in „Abtheilungen“ vereint und als solche mit römischen Ziffern bezeichnet.

Schema der Abtheilungen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| I. | Ethnographische Raçentypen. | XII. | Schmucksachen und Toilettegegenstände. |
| II. | Gemälde. | XIII. | Lackwaaren aus Holz und Papiermaché. |
| III. | Plastische Figuren und Sculpturen. | XIV. | Papier- und Zeug-Muster. |
| IV. | Modelle und copirte Ornamente. | XV. | Bücher und Schriftarten-Proben. |
| V. | Münzen-Copieen. | XVI. | Hauseinrichtungsgegenstände. |
| VI. | Gegenstände des Buddha-Cultus. | XVII. | Kleinere häusliche Geräthe. |
| VII. | Musikalische Instrumente. | XVIII. | Korbwaaren. |
| VIII. | Waffen. | XIX. | Ledergefässe. |
| IX. | Zelte. | XX. | Agrikulturgeräthe; Instrumente u. Maasse. |
| X. | Sättel und Zaumzeug. | | |
| XI. | Kleidungsstücke. | | |

In autographirtem Steindrucke und in Catalogform liegen die auch hier angeführten Angaben des Sachregisters in mehreren Exemplaren zu Nürnberg im Bildersaale auf, und den Sammlungsobjecten selbst sind die betreffenden Zeilen in grösserer Schrift auf steifen Blättern beigegeben.

Ueberdiess sind die einzelnen Gegenstände, getrennt gehalten auch innerhalb der „Gruppen“, mit Zahlenangaben auf kleinem Zettel versehen, welche sich auf die Daten in den „Beobachtungs-Manuscripten“ beziehen.

Viele dieser Gegenstände sind in ihrer Construction sehr verschieden von dem, was in den europäischen Culturen ihnen entspricht; bei manchen war auch das lange Fortbe-

stehen alter Formen von Interesse. Aufbewahrung von eigentlich antiquarischen Gegenständen ist dagegen im ganzen Oriente verhältnissmässig selten; wo solche sich zeigten, verdienten sie besondere Aufmerksamkeit.

Die Raçentypen, von denen in Nürnberg nur Proben der Art der Anfertigung aufliegen, sind dort im Cataloge nicht in Detail erläutert.

In diesem Berichte aber sind: A. die Individuen der verschiedenen Menschenraçen, und B. die Abtheilungen II bis XX mit den Erzeugnissen der Culturentwicklung in den verschiedenen Gebieten als zwei gesonderte Abschnitte gegeben.

### A. Personenliste der plastischen Abbildungen, „Abtheilung I."

Das Verfahren bei der Herstellung der ethnographischen Raçentypen, in ihren Hohlformen und in der positiven Metallausgabe, habe ich 1875 in den Sitzungsberichten der k. Akademie, d. d. 5. Juni, besprochen. Dort sind auch für die ausgeführten Messungen die Tabellen und die Art des Messens mitgetheilt, sowie die Angaben über die Abbildungen des ganzen Kopfes in linearen Zeichnungen in natürlicher Grösse, die jetzt ebenfalls vorliegen. Messungen sind im Ganzen an etwas über 400 Individuen vorgenommen worden.

Die plastischen Reproductionen sind seit 1858 in den Buchhandel gekommen, in Verlag bei J. A. Barth in Leipzig[9]).

9) „Ethnographische Raçentypen in Metall, von Ceylon bis Káshgar und vom Pănjáb bis östlich von Assám:

275 Abformungen der vorderen Hälfte des Kopfes, und
30 Handabformungen,
7 Fussabformungen.

Nach hohlen Gypsmasken über Lebende."

Der Preis in der Metallausgabe ist für Kopf zu 24 Mk., für Hand

Der Catalog der einzelnen abgeformten Individuen ist bis jetzt nur in Handexemplaren ausgegeben worden. Er wurde gedruckt in Verbindung mit den ersten nahezu gleichzeitigen Aufstellungen in London, in Indien und in St. Petersburg. Es folgte dann auf diese sogleich Bestellung für Paris, etwas später für München, Colombo in Ceylon, Holländisch Ostindien, u. s. w.

Für die „Hindús" in der Tabelle ist die Reihenfolge vorzugsweise auf die gegenseitige Höhe der Casten und Raçen basirt. Die Unterabtheilungen sind in Klammern gesetzt. „Aboriginer" ist die collective Bezeichnung für die Reste der Bewohner vor der arischen Einwanderung. Sie sind noch jetzt[10]) in den meist bewaldeten Regionen der Höhenzüge im Innern des halbinselförmigen Theiles von Indien, und an den Grenzen, gegen Westen und besonders gegen Osten, zu finden.

Wie ich schon in den deutschen Reiseberichten zu erläutern Gelegenheit hatte[11]), ist der Name „Aboriginer" oder „Urraçe" nicht so zu verstehen, als ob er bezeichne, dass jeder einzelne der betreffenden Stämme an bestimmter Stelle isolirt entstanden sei. Der Name bedeutet hier: niedere Ent-

---

oder Fuss zu 12 Mk. berechnet, und es ist bei Abnahme der ganzen Reihe der Preis der Köpfe von 6500 Mk. auf 6000 Mk. reducirt, inclusive der Hände und der Füsse als Beigabe. — In Gyps (getönt) 100 Köpfe zu 400 Mk.

10) Die erwähnte Abhandlung meines Bruders Emil von 1875 „Ueber die geographische Verbreitung der Volkssprachen" hat, in der statistischen Tabelle S. 373, die Zahlendaten für die Aboriginer-Raçen wie folgt ergeben. Grösse ihrer Gebiete: 100 000 engl. Quadr. Meilen, darunter 25 000 engl. Q. Meilen an der Ostgrenze des Reiches; Bevölkerung 2 800 000. Unter sich zeigen sie dabei in Raçe und Sprache ebenfalls noch vielfache und grosse Verschiedenheit.

Für das ganze Britisch-Vorderindien sind die entsprechenden Zahlenwerthe: Grösse der Gebiete 1 357 080 engl. Q. Meilen; Summe der Bevölkerung 236 267 775.

11) „Reisen" Band I S. 545.

wicklungsstufe, Mangel an Zusammenhang mit den grösseren Nachbarraçen und Mangel an bestimmter Ueberlieferung über frühere Wohnsitze

Die „Mussălmáns" bilden den Uebergang zu den Bewohnern der Nachbarländer und folgen desshalb nach den Aboriginern. In Indien selbst sind sie vorherrschend arischer Raçe, da zwar die Castenunterschiede unter sich durch den Islám verschwunden sind, da aber die Quantität neuer, in die resultirende Bevölkerung eintretender Elemente eine verhältnissmässig geringe geblieben ist.

„Gen. Nro." lässt durch die Art der Aneinanderreihung innerhalb der Hauptstufen die Vertheilung nach den heimathlichen Wohnsitzen überblicken. — Die römische Ziffer gibt eine der 4 Unterscheidungen im Tone der Kupferoberfläche an, wodurch die Hautfarbe, je nach Dunkelheit, markirt wurde. Bei Anwendung einer grösseren Zahl von Nüancirungen wäre in vielen Fällen die Wahl eine etwas willkührliche geblieben, da auch innerhalb der einzelnen Raçen Personenunterschiede noch immer ziemlich weit gehen können. — Die klein gedruckten arabischen Ziffern geben die Reihe der Anfertigung. — Die Namen der Abgeformten bezeichnen meist auch Caste und Raçe, doch gibt es bei Mussălmáns, auch bei Buddhisten, weit verbreitete Abweichungen davon. — „Fr." bedeutet Frau. — Die letzte Columne der Zahlen ist Angabe des Alters in Jahren.

Speciell bei den Händen und Füssen sind die Bezifferungen mit „Gen. Nro." und „Or. Nro." die gleichen wie bei den Köpfen, zu denen sie gehören; abgeformt wurden von den Extremitäten stets die rechten In den wenigen Fällen, in welchen die betreffende Abformung des Kopfes zu Grunde ging, sind die Columnen dafür leer.

# Vorderköpfe.

## I. Hindú-Casten.

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; Caste, nebst Unterabtheilungen. | Alter | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| | | **1. Bráhmans.** | | |
| 1 | II 124 | Rampúja. | 39 | Calcutta, Bengálen. |
| 2 | II 125 | Nabichánder. | 26 | Calcutta, Bengálen. |
| 3 | II 157 | Dinanáth. | 28 | Calcutta, Bengálen. |
| 4 | II 265 | Prósono Kúmar; (Balásni-Bráhman). | 30 | Calcutta, Bengálen. |
| 5 | II 263 | Prankríshna; (Rári-Bráhman). | 30 | Calcutta, Bengálen. |
| 6 | II 115 | Yéloji. | 33 | Kăládghi, Dékhan |
| 7 | II 84 | Shắku; (Gángadhăr). | 32 | Nărsínghpur, Central-Indien. |
| 8 | II 196 | Părtáb Singh; (Pándi-Bráhman). | 22 | Nepál, Himálaya. |
| 9 | II 207 | Kúlman; (Nevári-Bráhman). | 21 | Nepál, Himálaya. |
| 10 | II 241 | Ramhắri; (Nevári-Bráhman). | 24 | Nepál, Himálaya. |
| 11 | II 193 | Radhakíshen. | 23 | Nepál, Himálaya. |
| 12 | II 64 | Shíbram. | 34 | Gărhvál, Himál. |
| 13 | II 245 | Bhágua (Fr.) | 30 | Kashmír, Himál. |
| 14 | II 257 | Roháni (Fr.) | 33 | Kashmír, Himál. |
| | | **2. Rajpúts.** | | |
| | | a. Reine Raçe. | | |
| 15 | III 163 | Ráma | 32 | Nắddia, Bengálen. |
| 16 | III 268 | Úma Ráma. | 36 | Calcutta, Bengálen. |
| 17 | III 215 | Rámkumar. | 25 | Părnia, Bengálen. |
| 18 | III 250 | Mádhu Singh. | 45 | Símla, Himál |
| 19 | III 222 | Sánkar Singh. | 33 | Jắmu, Himál |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; Caste, nebst Unterabtheilungen. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| | | b. Górkhas. | | |
| 20 | III 212 | Kébu. | 35 | Nepál, Himálaya. |
| 21 | III 134 | Ágam Singh; (Nepál-Rajpút). | 22 | |
| 22 | III 203 | Bhimági; (Nepál-Rajpút). | 30 | |
| 23 | III 213 | Táudi; (Nevári). | 24 | |
| 24 | III 142 | Áluk; (Nevári). | 18 | |
| 25 | III 198 | Námti; (Nevári). | 22 | |
| 26 | III 143 | Sínghbir; (Nevári). | 42 | |
| 27 | III 139 | Singhráj; (Gúrung). | 18 | |
| 28 | III 141 | Surabíra; (Gúrung). | 23 | |

c. Pahári- und Bhot-Rajpúts.

*α.* **Pahári-Rajpúts oder Thákurs.**

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; Caste, nebst Unterabtheilungen. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| 29 | III 73 | Lúri. | 20 | Kămáon, Himálaya. |
| 30 | III 85 | Séru. | 21 | |
| 31 | III 71 | Lal Singh. | 26 | |
| 32 | III 67 | Dúrnia. | 26 | |
| 33 | III 70 | Kríshna. | 30 | |
| 34 | III 72 | Năr Singh. | 31 | |
| 35 | III 69 | Tan Singh. | 33 | |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No | Name; Caste, nebst Unterabtheilungen. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| 36 | III 68 | Hăr Singh. | 40 | Gărhvál, Himálaya. |
| 37 | III 209 | Johár Singh. | 26 | Símla, Himálaya. |
| 38 | III 90 | Shúgru. | 27 | |
| 39 | III 93 | Nitái. | 30 | |
| 40 | III 253 | Sónia (Fr.) | 45 | |
| 41 | III 111 | Rúldu. | 25 | Kúlu, Himálaya. |
| 42 | III 169 | Múlki. | 26 | Jămu, Himálaya. |
| 43 | III 259 | Lálua. | 27 | |
| 44 | III 224 | Kishóri (Fr.) | 14 | |
| 45 | III 258 | Rásu (Fr.) | 15 | |
| 46 | III 220 | Vómbri (Fr.) | 16 | |
| 47 | III 219 | Sáma (Fr.) | 17 | |
| 48 | III 165 | Súkhia (Fr.) | 19 | |
| 49 | III 225 | Gulábi (Fr.) | 26 | |
| 50 | III 229 | Síta (Fr.) | 28 | |
| 51 | III 230 | Rampiári (Fr.) | 28 | |
| 52 | III 256 | Maudúta (Fr.) | 30 | |
| 53 | III 223 | Lăka (Fr.) | 32 | |
| 54 | III 232 | Sádni (Fr.) | 36 | |
| 55 | III 233 | Nísha (Fr.) | 37 | |
| 56 | III 236 | Búri (Fr.) | 38 | |
| 57 | III 270 | Naugáma (Fr.) | 16 | Chámba, Himálaya. |
| 58 | III 187 | Dálmi (Fr.) | 45 | |
| | | *β.* **Dógras.** | | |
| 59 | III 240 | Bikári Singh. | 24 | Jămu, Himálaya. |
| 60 | III 243 | Hoshiár. | 24 | |
| 61 | III 170 | Mánsa. | 31 | |
| 62 | III 242 | Nagória. | 31 | |
| 63 | III 237 | Básti Ram. | 34 | |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; Caste nebst Unterabtheilungen. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| | | γ. **Bhot-Rajpúts.** | | |
| 64 | III 62 | Man Singh. | 12 | Johár, Himálaya. |
| 65 | III 195 | Nánda. | 14 | |
| 66 | III 63 | Shirm Singh. | 35 | |
| 67 | III 65 | Pógu. | 55 | |
| 68 | III 75 | Nain Singh. | 27 | Gărhvál, Himálaya. |
| 69 | III 112 | Jásmal. | 36 | |
| 70 | III 74 | Kărku. | 38 | |
| 71 | III 78 | Hími. | 65 | |
| 72 | III 77 | Kátik (Fr.) | 32 | |
| | | d. Kanḗts. | | |
| 73 | III 249 | Hágru. | 20 | Símla, Himálaya. |
| 74 | III 186 | Nátaram. | 22 | Kúlu, Himálaya. |
| 75 | III 181 | Chípa. | 25 | |
| 76 | III 182 | Kálu. | 30 | |
| 77 | III 164 | Gopál. | 28 | |
| 78 | III 189 | Búddhu. | 35 | |
| 79 | III 231 | Tíka. | 12 | Lahṓl, Himálaya. |
| 80 | III 14 | Pádma. | 18 | |
| 81 | III 76 | Méga. | 20 | |
| 82 | III 44 | Dúlche. | 20 | |
| 83 | III 1 | Kírparam. | 28 | |
| 84 | III 246 | Kurína. | 30 | |
| 85 | III 188 | Mámu (Fr.) | 27 | |
| 86 | III 48 | Híssiram. | 25 | Kănáur, Himál. |
| 87 | III 17 | Lássin. | 35 | Bissḗr, Himálaya. |
| 88 | III 12 | Kítop. | 38 | |
| 89 | III 166 | Nági. | 16 | Chámba, Himálaya. |
| 90 | III 192 | Gulzári. | 36 | |
| 91 | III 251 | Daiádher. | 37 | |
| 92 | III 260 | Mussábi (Fr.) | 20 | |
| 93 | III 228 | Kumála (Fr.) | 33 | |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; Caste, nebst Unterabtheilungen. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| | | **3. Bais oder Váisias.** | | |
| 94 | III 216 | Púnit; (Pasupála). | 20 | Gáya, Bahár. |
| 95 | III 235 | Móhon Singh. | 28 | Pátna, Bengálen. |
| 96 | III 118 | Lóki. | 28 | Lăknáu, Audh. |
| 97 | III 113 | Ánaji; (Bániya). | 16 | Sattára, Dékhan. |
| 98 | III 239 | Bámbul (Fr.) | 22 | Símla, Himálaya. |
| | | **4. Súdras.** | | |
| 99 | IV 267 | Híra; (Místri). | 51 | |
| 100 | IV 154 | Múnni; (Dhóbi). | 27 | Calcutta, Bengálen. |
| 101 | IV 148 | Shóki(Fr.); (Méhter). | 20 | |
| 102 | IV 158 | Dóya(Fr.); (Méhter). | 27 | |
| 103 | IV 174 | Pío (Fr.); (Méhter). | 33 | |
| 104 | IV 152 | Mussái; (Kahár). | 14 | Kăttak, Bengálen. |
| 105 | IV 151 | Sadhái; (Kahár). | 16 | |
| 106 | IV 234 | Boláki; (Kahár). | 22 | Muradabád, Hindostán. |
| 107 | IV 194 | Bhóndla; (Kahár). | 16 | Jămu, Himálaya. |
| 108 | IV 191 | Rúpa; (Kándu). | 25 | Pátna, Bengálen. |
| 109 | IV 202 | Sílka (Fr.); (Hajám). | 14 | Jămu, Himálaya. |
| 110 | IV 94 | Góluk; (Mŏchi). | 58 | Chámba, Himálaya. |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; Caste, nebst Unterabtheilungen. | Alter. | Heimath |
|---|---|---|---|---|
| | | **5. Vereinzelte Hindú-Stämme.** | | |
| 111 | III 58 | Háider Bakásh; } Sikhs. | 27 | Sháhpur, Pănjáb. |
| 112 | III 57 | Gúnda Singh; } Sikhs. | 35 | Sháhpur, Pănjáb. |
| 113 | IV 87 | Hárgul; Maharáta. | 35 | Púna, Dékhan. |
| 114 | III 138 | Dalíl; } Singhalesen. | 32 | Gálle, Ceylon. |
| 115 | III 136 | Dína; } Singhalesen. | 36 | Gálle, Ceylon. |
| 116 | III 137 | Gígo; } Singhalesen. | 16 | Colómbo, Ceylon. |

## II. Aboriginer.

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; Raçenstamm, scharf begrenzt. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| 117 | III 130 | Dháni; Sinh-pho. | 40 | Gohátti, Assám. |
| 118 | IV 161 | Sámbi; Nága. | 50 | Difúma, Nága-Gebirge. |
| 119 | III 126 | Dúlu; Khássia. | 30 | Máirong, Khássia-Gebirge. |
| 120 | III 208 | Metála } Mēch. | 19 | Síkkim - Tarái, Himálaya. |
| 121 | III 206 | Gorichàng; } Mēch. | 19 | Nepál - Tarái, Himálaya. |
| 122 | III 131 | Háruk; } Mēch. | 21 | Nepál - Tarái, Himálaya. |
| 123 | IV 266 | Kássob; } Sántals. | 23 | Rajmahál, Bengálen. |
| 124 | IV 149 | Bháiro; } Sántals. | 25 | Rajmahál, Bengálen. |
| 125 | IV 156 | Lórkun; } Sántals. | 26 | Rajmahál, Bengálen. |
| 126 | IV 214 | Mángut; } Sántals. | 27 | Rajmahál, Bengálen. |
| 127 | IV 175 | Bhagvṓt; } Sántals. | 30 | Rajmahál, Bengálen. |
| 128 | IV 168 | Ram; } Sántals. | 34 | Rajmahál, Bengálen. |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; Raçenstamm, scharf begrenzt. | | Alter. | Heimath. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 129 | IV 103 | Bóda; | Gōds. | 12 | Sohágpur, | Central-Indien. |
| 130 | IV 97 | Págele; | Gōds. | 38 | Ramgărh, | Central-Indien. |
| 131 | IV 109 | Largári; | Gōds. | 38 | Amarkán-tak, | Central-Indien. |
| 132 | IV 107 | Bhíku; | Gōds. | 39 | Amarkán-tak, | Central-Indien. |
| 133 | IV 98 | Dándu; | Gōds. | 22 | Amarkán-tak, | Central-Indien. |
| 134 | IV 106 | Lángu; | Gōds. | 36 | Amarkán-tak, | Central-Indien. |
| 135 | IV 102 | Túlsa; | Gōds. | 40 | Jáblpur, | Central-Indien. |
| 136 | IV 99 | Hasári; | Kols. | 20 | Ramgărh, | Central-Indien. |
| 137 | IV 105 | Dádi; | Kols. | 24 | Ramgărh, | Central-Indien. |
| 138 | IV 101 | Pádu; | Kols. | 40 | Amarkán-tak, | Central-Indien. |
| 139 | IV 100 | Rónu; | Bhils. | 20 | Amarkán-tak, | Central-Indien. |
| 140 | IV 95 | Mángu; | Bhils. | 23 | Amarkán-tak, | Central-Indien. |
| 141 | IV 108 | Mórha; | Bhils. | 29 | Amarkán-tak, | Central-Indien. |
| 142 | IV 104 | Pússau; | Bhils. | 30 | Amarkán-tak, | Central-Indien. |

### III. Mussălmáns, Indien und Hochasien.

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; Angabe isolirten Auftretens. | Alter. | Heimath. | |
|---|---|---|---|---|---|
| 143 | III 217 | Dărsan. | 20 | Pátna | Bengálen. |
| 144 | III 211 | Búdri. | 25 | Pátna | Bengálen. |
| 145 | III 153 | Gúlzan (Fr.) | 28 | Calcutta | Bengálen. |
| 146 | III 155 | Mánglu. | 23 | Jessór | Bengálen. |
| 147 | III 171 | Hássan Khan. | 30 | Ágra, Hindostán. | |
| 148 | III 269 | Amír Bábag. | 31 | Ágra, Hindostán. | |
| 149 | III 261 | Mírza Áli Khan. | 31 | Ágra, Hindostán. | |
| 150 | III 83 | Táttan. | 50 | Nărsínghpur, Central-Indien. | |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No | Name; Angabe isolirten Auftretens. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| 151 | III 116 | Sáyad Háider. | 16 | Púna, Dékhan. |
| 152 | III 114 | Usmán. | 28 | |
| 153 | III 119 | Sáyad Hássan. | 24 | Bellári, Maissúr. |
| 154 | III 117 | Kóbaji. | 30 | |
| 155 | III 254 | Fāzil; Belúch. | 34 | Bháulpur, Pănjáb. |
| 156 | III 145 | Táser. | 20 | Multán, Pănjáb |
| 157 | III 120 | Madár Baksh. | 22 | |
| 158 | III 144 | Chúmro. | 24 | |
| 159 | III 146 | Ásum. | 31 | |
| 160 | III 82 | Bésab. | 34 | |
| 161 | III 177 | Shádri Khan; | 22 | Pesháur Pănjáb. |
| 162 | III 178 | Ghulám Khan; | 26 | |
| 163 | III 179 | Faizúlla Khan; | 26 | |
| 164 | III 172 | Dílsher Khan; | 30 | |
| 165 | III 173 | Mohámmad Khan; Patháns. | 33 | |
| 166 | III 159 | Mohámmad Mírza; | 35 | |
| 167 | III 180 | Sadúlla Khan; | 40 | |
| 168 | III 176 | Álaf Khan; | 42 | |
| 169 | III 167 | Nádir Khan; Afghán. | 40 | Kandahár, Kábul. |
| 170 | III 56 | Nau Năhál Singh; Afghán. | 60 | |
| 171 | III 59 | Salár. | 20 | Shikárpur, Sindh. |
| 172 | III 60 | Nāfer. | 22 | |
| 173 | III 61 | Makshút. | 24 | |
| 174 | III 218 | Kúra. | 26 | Símla, Himálaya. |
| 175 | III 183 | Kotál Áli. | 19 | Jămu, Himálaya. |
| 176 | III 227 | Peádi. | 28 | |
| 177 | III 255 | Dúdi. | 34 | |
| 178 | III 226 | Álam. | 40 | |
| 179 | III 221 | Ódi. | 43 | |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name, Angabe isolirten Auftretens. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| 180 | III 264 | Pánia (Fr.) | 48 | Jámu, Himálaya. |
| 181 | III 39 | Ámdu. | 15 | |
| 182 | III 35 | Amir Áli. | 19 | |
| 183 | III 41 | Mansúr. | 18 | |
| 184 | III 22 | Lássu. | 19 | |
| 185 | III 190 | Híngan. | 22 | |
| 186 | III 42 | Kărím Khan. | 24 | |
| 187 | III 32 | Shaikh Ismáel. | 25 | |
| 188 | III 38 | Din Mohámmad. | 26 | |
| 189 | III 26 | Áli. | 28 | Kashmír, Himálaya. |
| 190 | III 29 | Kămál Khan. | 32 | |
| 191 | III 23 | Ghafúr. | 35 | |
| 192 | III 34 | Kăríman. | 35 | |
| 193 | III 33 | Kămál. | 35 | |
| 194 | III 28 | Khan Úlla Khan. | 39 | |
| 195 | III 244 | Subhán Khan. | 40 | |
| 196 | III 238 | Kássim Khan. | 44 | |

## IV. Tibeter.

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; bei Buddhisten Volks- und Raçentrennung. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| | | a. Buddhisten. | | |
| 197 | III 10 | Kánkpel; | 16 | |
| 198 | III 127 | Sringh; | 32 | |
| 199 | III 140 | Amáchri (Fr.); Bhots. | 17 | Bhután, Himálaya. |
| 200 | III 122 | Chánda (Fr.); | 21 | |
| 201 | III 129 | Súrup; | 30 | |
| 202 | II 204 | Fási; | 20 | |
| 203 | II 205 | Mánduk; Lépchas. | 22 | Síkkim, Himálaya. |
| 204 | II 147 | Ténrup; | 23 | |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; bei Buddhisten Volks- und Raçentrennung. | | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|---|
| 205 | II 135 | Hági (Fr.); | Lépchas. | 23 | Síkkim, Himálaya. |
| 206 | II 121 | Nébu; | | 40 | |
| 207 | III 201 | Kulpúnta; | Bhots. | 17 | Nepál, Himálaya. |
| 208 | III 133 | Gítung; | | 19 | |
| 209 | III 199 | Kaizába; | | 20 | |
| 210 | III 128 | Búddhiman; | | 25 | |
| 211 | III 123 | Símsin; | | 26 | |
| 212 | III 132 | Báklu; | | 30 | |
| 213 | II 210 | Lúpsan; | | 24 | Lhása, Ost-Tíbet. |
| 214 | III 66 | Rábden; | Húnia. | 35 | Gnári Khórsum, Tíbet. |
| 215 | III 49 | Sonamángchog; | Bhots. | 40 | Spíti, Tíbet. |
| 216 | III 50 | Dárbu; | | 30 | Rúpchu, Tíbet. |
| 217 | III 13 | Sássu Lóngdu; | | 18 | Ladák, Tíbet. |
| 218 | III 2 | Túlsi Bálser | | 24 | |
| 219 | III 18 | Sámsak; | | 27 | |
| 220 | III 15 | Tássi Tóndab; | | 30 | |
| 221 | III 80 | Chórchun (Fr.); | | 23 | |
| 222 | III 19 | Bíbi (Fr.); | | 23 | |
| 223 | III 16 | Pími (Fr.); | | 26 | |
| 224 | III 11 | Sakína (Fr.); | | 40 | |
| 225 | III 4 | Mímba (Fr.); | | 50 | |
| 226 | III 252 | Píngo; | | 20 | Núbra, Tíbet. |
| 227 | III 3 | Changpúnchen; | | 25 | |
| 228 | III 79 | Chángchun (Fr.); | | 16 | |
| | | b. Mussălmáns. | | | |
| 229 | III 31 | Áli Mohámmad. | | 19 | Bálti, Tíbet. |
| 230 | III 197 | Mohámmad Kássim. | | 21 | |
| 231 | III 25 | Áli Yar. | | 22 | |
| 232 | III 21 | Mánli. | | 23 | |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; bei Buddhisten Volks- und Raçentrennung. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| 233 | III 27 | Píru. | 24 | Bálti, Tíbet. |
| 234 | III 110 | Bánu. | 30 | |
| 235 | III 43 | Ghulám. | 31 | |
| 236 | III 24 | Ráhiman. | 22 | |
| 237 | III 40 | Házir Áli. | 25 | |
| 238 | III 36 | Áli Hássan | 26 | |
| 239 | III 37 | Kărím. | 25 | |
| 240 | III 30 | Kurbán Khan. | 29 | |
| 241 | III 96 | Mahacháud. | 30 | |
| 242 | III 92 | Imám Khan. | 35 | |
| 243 | III 52 | Ghaus Khan. | 20 | Gûe-Hasóra, Tíbet. |
| 244 | III 53 | Sher Mohámmad. | 35 | |
| 245 | III 51 | Khair Áli. | 37 | |
| 246 | III 20 | Húllu. | 23 | Táshing - Hasóra, Tíbet. |
| 247 | III 54 | Mómin. | 40 | |
| 248 | III 248 | Káli Khan. | 45 | |
| 249 | III 247 | Chóllo. | 32 | Gílgit, Tíbet. |
| 250 | III 162 | Khóda Bakásh. | 22 | Hazára, Himálaya. |
| 251 | III 184 | Sáfor. | 25 | |
| 252 | III 185 | Fátih Khan. | 25 | |

## V. Túrkis aus Central-Asien.

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | Name; a) arischer Raçe. | Alter. | Heimath. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | a. Móghuls. | | | |
| 253 | I 6 | Neás. | 35 | Khótan, | Ost-Turkistán. |
| 254 | I 7 | Mohámmad Amín. | 38 | Yárkand, | |
| 255 | I 5 | Yússuf. | 45 | | |
| 256 | I 81 | Islám. | 28 | Ōsh, Kókand. | |
| 257 | I 9 | Adíl. | 35 | Faizabád, Badakhshán. | |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | N a m e; b) aro-turanischer Raçe. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| | | b. Árgons. | | |
| 258 | III 46 | Tikintás; Bhot-Kashmíri. | 25 | Ladák, Tíbet. |
| 259 | III 47 | Kărím Bakásh; Bhot-Kashmíri. | 30 | Ladák, Tíbet. |
| 260 | III 91 | Ídu; Bhot-Yarkándi. | 21 | Ladák, Tíbet. |
| 261 | III 55 | Amín; Bhot-Yarkándi. | 24 | Ladák, Tíbet. |
| 262 | III 45 | Kékel; Bhot-Yarkándi. | 28 | Ladák, Tíbet. |

## VI. Fremde Raçen in Indien; Neger.

| Gen. Nro. | Ton und Or. No. | N a m e; Benennung nach Volk. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| | | Pársi. | | |
| 263 | I 89 | Sorábji Pálamji. | 14 | Bombay, Kónkan. |
| | | Indo-Portugiese. | | |
| 264 | IV 88 | Francis Lop. | 34 | Bombay, Kónkan. |
| | | Jude. | | |
| 265 | I 8 | Murád. | 40 | Kárchi, Bokhára. |
| | | Bĕrmésen. | | |
| 266 | II 160 | Máipu. | 24 | Áva, Bĕrma. |
| 267 | II 150 | Shongái. | 34 | Áva, Bĕrma. |

| Gen. Nro. | Ton und Or. No | Name; Benennung nach Volk. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|
| | | **Chinese.** | | |
| 268 | II 200 | Vam-po; als „Laskár" oder Matrose. | 28 | Kánton, Chína. |
| | | **China-Bengálı.** | | |
| 269 | II 262 | Bímu. | 18 | Kắtak, Bengál. |
| | | **Javanesische Mussălmáns.** | | |
| 270 | II 271 | Anídyan. | 15 | Chiribŏn, Jáva. |
| 271 | II 275 | Kássim. | 32 | Chiribŏn, Jáva. |
| | | **Sídi-Neger.** | | |
| 272 | IV 86 | Márzuk; als Matrose z. Z. in Bombay. | 24 | Vánika in Zánzibar, Afrika. |
| | | **Krū-Neger.** | | |
| 273 | IV 274 | Ngíma; als Matrosen z. Z. in Aden. | 18 | Mánna, Liberia, Afrika. |
| 274 | IV 273 | Dàko; als Matrosen z. Z. in Aden. | 21 | Port St. George, Liberia, Afrika. |
| 275 | IV 272 | Áureh; als Matrosen z. Z. in Aden. | 25 | BárkoTown, Liberia, Afrika. |

## Hände.

| Nro. der Hände. | Nr. der Köpfe | | Caste oder Raçe. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Gen. Nro. | Or. Nro. | | | |
| 1 | 21 | 134 | Nepál-Rajpút. | 22 | Nepál, Himálaya. |
| 2 | | | Nepál-Rajpút. | 15 | Nepál, Himálaya. |
| 3 | 24 | 142 | Nevári. | 18 | Nepál, Himálaya. |
| 4 | | | Nevári. | 40 | Nepál, Himálaya. |

| Nro. der Hände. | Nr. der Köpfe Gen. Nro. | Or Nro. | Caste oder Raçe. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 28 | 141 | Górkha; (Gúrung). | 23 | Népal, Himálaya. |
| 6 | 27 | 139 | Górkha; (Gúrung). | 18 | |
| 7 | | | Pahári-Rajpút od. Thàkur | 32 | KămáonHimálaya |
| 8 | 33 | 70 | Pahári-Rajpút od. Thàkur | 30 | |
| 9 | 35 | 69 | Pahári-Rajpút od. Thàkur | 33 | |
| 10 | 98 | 239 | Váisia (Fr.) | 22 | Símla, Himálaya. |
| 11 | 135 | 102 | Gōd. | 40 | Jáblpur, Central-Indien. |
| 12 | 151 | 116 | Mussălmán. | 34 | Calcutta, Bengálen |
| 13 | 152 | 114 | Mussălmán. | 16 | Púna, Dékhan. |
| 14 | 153 | 119 | Mussălmán. | 28 | |
| 15 | | | Mussălmán. | 24 | Bellári, Maissúr. |
| 16 | | | Mussălmán (Fr.) | 21 | Kashmír, Himál. |
| 17 | | | Bhot. | 12 | Bhután, Himálaya |
| 18 | | | Bhot. | 20 | |
| 19 | 199 | 140 | Bhot (Fr.) | 17 | |
| 20 | | | Bhot (Fr.) | 30 | |
| 21 | 201 | 129 | Bhot. | 30 | Síkkim, Himálaya. |
| 22 | 208 | 133 | Bhot. | 19 | Nepál, Himálaya. |
| 23 | 198 | 127 | Bhot. | 32 | Nepál, Himálaya. |
| 24 | 204 | 147 | Lépcha. | 23 | Síkkim, Himálaya. |
| 25 | 206 | 121 | Lépcha. | 40 | Síkkim, Himálaya. |
| 26 | 205 | 135 | Lépcha (Fr.) | 23 | Síkkim, Himálaya. |
| 27 | 270 | 271 | Javanesen-Mussălmán. | 15 | Chiribōn, Jáva. |
| 28 | 271 | 275 | Javanesen-Mussălmán. | 32 | |
| 29 | 273 | 274 | Krū-Neger. | 18 | Liberia, Afrika. |
| 30 | 275 | 272 | Krū-Neger. | 25 | |

# Füsse.

| Nro. der Füsse. | Nr. der Köpfe Gen. Nro. | Nr. der Köpfe Or. Nro. | Caste oder Raçe. | Alter. | Heimath. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | Pahári-Rajput oder Thákur. | 32 | Kămáon, Himálaya |
| 2 | 98 | 239 | Váisia (Fr.) | 22 | Símla, Himálaya. |
| 3 | | | Mussălmán. | 34 | Calcutta, Bengál. |
| 4 | | | Mussălmán. | 20 | Kashmír, Himálaya. |
| 5 | 205 | 135 | Lépcha (Fr.) | 23 | Síkkim, Himálaya. |
| 6 | 270 | 271 | Javanesen-Mussălmán. | 15 | Chiribŏn, Jáva. |
| 7 | 275 | 272 | Krū-Neger. | 25 | Liberia, Afrika. |

Ausser den Raçentypen aus Indien und Hochasien sind, ebenfalls als Gegenstand des Buchhandels, noch anzuführen:

„Afrikanische Raçentypen, aus Marokko[12]), die ich nach Abformungen und Messungen meines Bruders Eduard[13]) herausgab. Die Reihe besteht aus 26 Individuen, und zwar sind 5 davon als Büsten, nach Hohlform auch des Hinterkopfes, 21 als Vorderköpfe gegeben. Für 9 derselben liegen auch die Hände, für 5 die Füsse vor.

12) Verlag von J. A. Barth, Leipzig, 1875. In Metall: Büste à 120 Mk., Vorderkopf à 24 Mk., Hand oder Fuss à 12 Mk. Ganze Reihe reducirt auf 1000 Mk. In Gyps (getönt) ganze Reihe 200 Mk.

13) „Die Völkerstämme und Raçen" beschrieb er in Cap. III, S. 44—57 in dem Werke: Der spanisch-marokkanische Krieg in den Jahren 1859 und 1860. Von Eduard Schlagintweit. Leipzig, F. A. Brockhaus, 1863. Zahlreiche Körpermessungen liegen in Mscr. mir vor.

Der Verfasser, der diesen Krieg mitmachte, fiel später als Hauptmann im k. b. Generalstabe, zu Kissingen am 10. Juli 1866.

Dessgleichen sind zu nennen:

„Indianer-Raçentypen aus Amerika" von meinem Bruder Robert. 9 Vorderköpfe[14]).

## B. Register der Objecte der Cultur und der der Technik,

**verzeichnet in den „Abtheilungen II. bis XX."**

Mit der Erläuterung der Abtheilungen ist aus dem Cataloge, der im Bildersaale aufliegt, auch die Signatur der Gruppen und einzelner der grösseren Gegenstände gegeben; beschreibender Bericht darüber wird in Band VIII der „Results" enthalten sein. Als eine der Vorarbeiten hiezu, die schon durchgeführt ist, kann ich noch jenes Theiles des „General-Verzeichnisses" erwähnen, welcher als Blättercatalog für etwas über 500 der für Indien characteristischen Gegenstände die localen Benennungen im Hindostáni oder in den provinciell verschiedenen indischen Sprachen enthält. Die Untersuchung derselben wurde mit Beihilfe des Múnshi Sáyad Mohámmad Said, den ich von Calcutta aus auf einige Zeit nach Europa mitgenommen hatte, in gleicher Weise bearbeitet, wie ich bei der Publication des geographischen Glossariums, im III. Bande der „Results", schon zu besprechen hatte.

Der Bezifferung in der Signatur ist die Reihefolge in der Aufstellung zu Grunde gelegt, wobei auf möglichst günstige Benützung des Raumes Rücksicht zu nehmen war. Jene Gegenstände, die in der Halle zu Nürnberg verpackt stehen, oder zur Zeit in der k. Neuen Pinakothek zu München und, in wenigen Exemplaren noch, in Schloss Jägersburg sich befinden, sind, mit Angabe des Lagerplatzes, da eingeschaltet, wo sie an verwandte Gegenstände der Aufstellung im grossen Saale sich anschliessen.

---

14) Verlag von Ed. Heinr. Mayer, Cöln und Leipzig, 1870. In Metall à 30 Mk., ganze Reihe 216 Mk.; in Gyps (getönt) à 7 Mk., und 54 Mk.

**Abth. II. Gemälde;**

(hier nur solche, die von Eingebornen gemacht sind).

In Oel: Porträts (Brustbilder) von indischen Rájas; lebensgross; in Goldrahmen unter Glas.

In Gouache: Tibetische Gottheiten und Gebete; auf Leinen; in Goldrahmen unter Glas.

In Wasserfarben:

a) Mythologische Hindú-Darstellungen aus Kashmír; zahlreiche Miniaturen; in Goldrahmen unter Glas.

b) Abbildungen von Hindú-Gottheiten; von heiligen Thieren; in gepressten Rahmen unter Glas.

c) Tibetische Götter und Gebete, in Originalrahmen und auf Pappe; Schwarzdruck.

Miniaturen auf Elfenbein:

a) Porträts der indischen Rájas und ihrer Veziere, der Sihk-Könige, und der Emírs von Kábul; in Goldrahmen unter Glas.

b) Indische Gebäude; in Goldrahmen unter Glas.

Aquarelle auf Reispapier: Chinesische Malereien, in Tíbet gekauft; in Goldrahmen unter Glas.

Glimmerschiefer-Bilder: Darstellung der verschiedenen Gewerbe und der religiösen Secten der Hindús. Mit einer besonderen Farbmischung auf Glimmerschiefer gemalt; in passenden Schwarzrahmen.

Ornamente:

a) Schwarz in der Grösse der Originale, die durchbrochenen Marmorarbeiten in Moscheen, Hindútempeln und Mausoleen darstellend;

b) Muster für Stoffedruck in genauer von Eingebornen ausgeführter Nachbildung der Originale. — Auf Leinwand aufgezogen mit Aufhängung.

Ansicht eines hohen Búddha-Tempels mit allen Details der Ornamente.

Búddha-Götter, drei auf einem Blatte; mit Rahmen.
Holzdrucke von tibetischen Holzblöcken. Auf Cartons aufgezogen; in Originalrahmen.

Alle Bilder sind mit erklärenden Unterschriften versehen; zugleich ist der Eigenname in orientalischen Characteren beigefügt.

Bezeichnung und Aufstellung:

II. 19. Grosse indische Portraits, 3 Stücke.
„ 20. Gouache-Malerei auf Pflanzenmark, 6 Stücke.
„ 21. Kleinere Gouache auf Pflanzenmark, 2 Stücke.
„ 22. Elfenbein-Miniaturen, indische, 31 Stücke: hievon 27 in Nürnberg, 4 in München.
„ 23. Glimmerschiefer-Bilder aus Indien, in schwarzen Rahmen; aufgestellt in München, 26 Stücke.
„ 24. Bilder aus Kashmír in schwarzen Rahmen; in München, 49 Stücke.
„ 25. Kleine Zeichnungen und Aquarelle von Eingebornen. Aus Indien und Tíbet; in Nürnberg und München, 15 Stücke.

**Abth. III. Plastische Figuren und Sculpturen.**

Statuetten, die verschiedenen Gewerbe Indiens darstellend; alle sehr fein aus Thon modellirt, bemalt und bekleidet, so dass sie Facsimiles der Costüme und der Beschäftigungen bilden.

Religiöse Figuren.

a) Aus Holz: Zwei grosse, reich vergoldete Búddha-Statuen, von denen die eine 11 Fuss 3 Zoll, die andere 10 Fuss 9 Zoll engl. hoch ist. (architektonisch-monumental). Kleinere Figuren, Götter der Hindús und der Buddhisten. — Denksäulen an Todte mit Schnitzereien.

b) Aus Metall: Gottheiten der Hindús u. d. Buddhisten.

c) Aus Thon: Tibetische Medaillons und Talismane, Gottheiten bietend oder Inschriften. Zum Theil vergoldet oder colorirt.

d) Aus Stein: Tibetische Gebetsteine mit Figuren und Inschriften. — Hindú-Gottheiten; Búddha-Figuren in Alabaster. — Die Inschriften sind entziffert und übersetzt.

Bezeichnung und Aufstellung:

III. 13. Indochinesische Sculptur.
„ 14. Altindische Sculptur in Trapp-Gestein.
„ 32. Zwei monumentale Búddha-Figuren.
„ 40. Nepalesische Cultusgegenstände aus Bronce, 55 St.
„ 43. Indische Casten-Statuetten, 18 Stücke; 7 aufgestellt.
„ 45. Jáipur-Marmorgegenstände, Steinmosaiken.
„ 62. Geschnitzte Holzteller des indischen Kunstgewerbes, 2 Stücke.
„ 66. Plastisch verzierte Dachziegeln aus Nepál, 2 Stücke.
„ 73. Plastische Copie einer Maske zu Búddha-Dramen, in Original-Grösse.
„ 93. Rohe Opferthiere aus Thon, aus Central-Indien,
„ 145. Hindú-Denksäulen an Todte, 2 Stücke.
„ 147. Fischergott auf Holzsäule.

**Abth. IV. Modelle.**

Aus Holz. Indische Pagoden und Brücken. — Europäisches Haus. — Boote und Hausgeräthe. — Mühlen. — Grosse tibetische Gebetmauer. — Tibetische Reliquien-Monumente oder Chórtens.

Aus Stein. Der Taj zu Ágra. — Alabasterarbeiten aus Jáipur.

Aus Papiermaché und Wachs. Indische essbare Früchte, colorirt.

Bezeichnung und Aufstellung:

IV. 12. Mauer-Modell (Gerüst und Steine), complet; für die tibetische Gebetmauer (z. Z. noch in Jägersburg).

„ 47. Früchte-Modelle, 30 Stücke.

„ 64. Architektonische und technische Modelle: Gebäude, Boote und Brücken; Original-Arbeit aus Indien und Kashmír; znm Theil verpackt in der Halle.

„ 103. Architectur-Ornamente; mechanisch copirte Facsimiles, 12 Stücke.

### Abth. V. Münzen in Metall-Copien.

Gestempelte Silberklumpen und Geldstücke in Silber; Münzen aus Tíbet und aus Indien, unter ihnen manche ältere; ferner etwas Goldstaub aus Turkistán.

Bezeichnung und Aufstellung:

V. 151. Yámbus oder gestempelte Klumpen, 2 Stücke; der grössere entsprach in Silber 240 Mk.

„ 152. Geprägte asiatische und europäische Münzen, mit tibetischen Privatstempeln; 12 Stücke.

„ 153. Rundes Kupfergeld mit quadratischer Oeffnung in der Mitte.

„ 154. Goldstaub aus dem Diluvium des nördlichen Künlün-Randes.

### Abth. VI. Tibetische Gegenstände des Búddha-Cultus.

Eine sehr reichhaltige Zusammenstellung der in religiösen Verrichtungen von den tibetischen Búddha-Priestern benützten Gegenstände; viele in Metall geschnitten, andere aus Holz geschnitzt; auch Arbeiten aus Stein oder aus Papiermaché; meist colorirt. — Gottheiten; Hausaltäre; Opferschalen; Medaillons und Amulette, nebst Modellen zum

Formen; Räucherwaaren zum Opfern; Weihrauchgefässe; Glocken; Rosenkränze; Priesterembleme (Vájras, Svástikas, Siegel); Gebetcylinder mit Gebeten; grosse groteske Masken (übernatürlicher Grösse) aus Papiermaché zur Aufführung religiöser Schauspiele; Gewänder der Priester bei Opferhandlungen; Holzblöcke mit Gebeten. — Alles detaillirt beschrieben, zum Theil in Emil Schlagintweit's „Buddhism in Tíbet."

Die Gegenstände des Hindú-Cultus, in geringerer Anzahl, sind in gleicher Vollständigkeit in der Sammlung vertreten; aber wegen der weit grösseren Verschiedenartigkeit der Gegenstände unter sich sind sie hier in jenen der einzelnen Gruppen angegeben, denen die Art ihrer Ausführung sie anschliesst.

Bezeichnung und Aufstellung:

VI. 11. Gebetsteine des Búddha-Cultus aus 1 Gebetmauer, 23 Stücke.

„ 15. Tibetische Gebetrolle in Rahmen.

„ 16. Tibetische Cultusbilder auf Leinwand aus grossen Lamaserien, eingerahmt; 7 Stücke.

„ 17. „ 18. Buddhistische Gebettafeln, schwarzer Druck auf Pflanzenpapier. Theils in Nürnberg, theils in München; 20 Stücke.

„ 26. Tibetische Holz-Tafeln, als Xylographie-Stöcke geschnitten; 7 Stücke.

„ 27. Drucke von buddhist. Xylographien, als Facsimiles in Europa ausgeführt und auf Carton gezogen; 20 Stücke. In Nürnberg und in München.

„ 28. Grosses Klostersiegel als Stempel, in Holz geschnitten; aus Central-Tíbet. In München.

„ 29. Tibetische Trompete mit Menschenknochen.

„ 30. Tibetische musikalische etc. Cultusgegenstände, 8 St.

VI. 31. Tibetisches guittarartiges Musikinstrument mit Trommelfell. In der Halle.

„ 33. Tibetischer Holz-Obelisk.

„ 34. Modelle von Chórtens oder gemauerten Reliquienbehältern in Tíbet, 9 Stücke.

„ 38. Mittelgrosse buddhistische Cultusgegenstände (tibetische), 40 Stücke.

„ 39. Kleinere buddhistische Cultusgegenstände (tibetische), 100 Stücke.

„ 72. Masken der Búddha-Priester zu religiösen Dramen in Tíbet, 7 Stücke; verpackt in der Halle.

„ 74. Rasirmesser in roh vergrösserter Form, bei den tibetischen Priester-Dramen gebraucht.

„ 101. Zauberstöcklein aus Holz aus Hinter-Indien. (Zu vergl. viele der Gegenstände in Abth. III, IV, u. a.)

### Abth. VII. Musikalische Instrumente.

Pauken; Trommeln; Cymbeln; Trompeten aus Metall und Menschenknochen, letztere aus Tíbet; Gong; Guitarre; Violinen; Pfeifen und Schalmeien.

Bezeichnung und Aufstellung:

VII. 71. Eine tibetische Doppelpauke. (Musikalische Objecte des „Cultus" sind auch VI. Nro. 29, 30, 31; XVI. Nro. 83).

### Abth. VIII. Waffen.

Die Galawaffen der Rájas; die indischen, tibetischen und turkistanischen Volkswaffen in alten und neuen Formen; die Waffen der rohen, bisher noch wenig besuchten Aboriginerstämme im Inneren von Indien und längs seiner Grenzen. — Stein- und Lunten-Flinten aus Turkistán, auch

Flinten aus Tíbet. — Jagflinten und Pistolen — Harnisch und Panzerhemd; tibetischer „Schiksalspanzer.“ — Helme. — Schwerter, Streitäxte, Spiesse, Dolche, Schilde, Panzergürtel, Schleuder-Ringe, Keulen und Waffenstöcke, Bogen, Köcher und Pfeile. - Opfermesser, darunter auch für Menschenopfer. — Pulverhörner und Bandoulièren.

Bezeichnung und Aufstellung:

VIII 10. Schilde alte Formen; 2 Stücke.

„ 50. Ein Blasrohr mit vergifteten Pfeilen, 4 Bund; aus dem Khássia Gebirge.

„ 94. Complete Sikhrüstung, bestehend aus Draht-Hemd und vergoldeten Eisenplatten; mit Dolch.

„ 95. Eine Handschiene der Sikhs.

„ 96. Indische Schwerter, 2 Stücke.

„ 98. Pulverhörner, 3 Stücke.

„ 99. Kleiner Schild aus Leder.

„ 100. Eiserne Sikhrüstung, mit „Kettenhemd“ (oder schwerem Drahthemd).

„ 102. Indischer Dolch.

„ 107. Schildkröten-Schild.

„ 108. Grosse Mauer-Flinten, 2 Stücke.

„ 109. Revolverflinte mit Lunte.

„ 110. Mittelgrosse Waffen aus Indien, theils in München aufgelegt, theils in der Halle; 20 Stücke.

„ 111. Grosses ungeschäftetes Flintenrohr (antik); Länge 6′ 5″, Durchmesser an der Mündung ³/₄″; aufgestellt in München.

„ 112. Schwere ungeschäftete Mauerflinte, zum Einsetzen und Drehen auf Befestigungen; Länge 4′, Durchmesser an der Mündung ³/₄″; aufgestellt in München

„ 113. Lunten-Flinte mit gekrümmtem Schafte und mit Messingbeschlägen; Länge 5′ 3″; aufgestellt in München.

VIII. 114. Steinflinte mit gekrümmtem Schafte (sehr selten); Länge 4′ 3½″; aufgestellt in München.

„ 115. Geradegeschäftete Luntenflinte von bedeutender Grösse; Länge 5′ 4½″; aufgestellt in München.

„ 116. Indische und tibetische Flinten, 30 Stücke.

„ 117. Sikh-Schwert mit Armschiene.

„ 118. Indische Säbel, 14 Stücke.

„ 119. Speer von Eisen, ganz Metall, sehr dünn; Länge 7′ 3″; aus Südindien; aufgestellt in München.

„ 120. Schwerter von Aboriginern, 3 Stücke.

„ 121. Altindisches langes Schwert.

„ 122. Doppeldolche mit je 2 Klingen, 3 Stücke.

„ 123. Dolche, 6 Stücke.

„ 124. Dolche, Beile und Hauen; älteste Formen, 9 St.

„ 125. Bogen und Pfeile der Aboriginer, 5 Stücke.

„ 126. Waffenstöcke aus Síkkim, 2 Stücke.

„ 127. Waffenstock aus Südindien mit aufgesetzten Pfeilspitzen.

„ 129. Degenstock mit lackirter Hülse.

„ 148. Rohe hölzerne Waffen, in der Halle; 8 Stücke.

„ 149. Säbel, Messer, etc. mittelgross, in der Halle; 10 Stücke.

**Abth. IX. Zelte.**

Originale, ganz complet mit allem Zubehör an Zeltstricken, Zeltstangen, Pflöcken, Hämmern u. s. w.:

Tibetisches Priesterzelt; tibetisches Hirtenzelt; turkistanisches Hirtenzelt; indische Zelte (Reisezelt mit doppeltem Dache; Schlafzelt).

Bezeichnung und Aufstellung:

IX. 144. Zelte von Europäern und von verschiedenen Eingebornen; in Verpackung in der Halle.

**Abth. X. Sättel und Zaumzeug.**

Reitsättel; Packsättel; Satteltaschen und Reisesäcke; Packgeräthe und Körbe; Schabraken; Zäume und Halftern; Hufeisen; Peitschen.

Bezeichnung und Aufstellung:

X. 49. Sättel mit Zaumzeug, vollständig, 7 Stücke; und ein englischer Sattel aus Indien, als Beilage, zum Vergleiche.

**Abth. XI. Kleidungs-Stücke**

Stoffe kostbarer Brokate; Tücher; Musselins; Luxusleder; Gold und Silberborten; gemachte Röcke aus Seide, Baumwolle, Schafwolle, auch aus Bast und Pelz. — Jacken aus Seide, Baumwolle, Schafwolle und Pelz; Ueberwürfe; Beinkleider; Socken und Strümpfe. — Hüte und Mützen aus Sammt und Seide mit Goldborten, aus Wolle, Pelz, Filz und Stroh. — Turbane; Kopfbinden. — Sandalen, Schuhe und Stiefel aus Leder, auch aus Pelz, Wolle, Stroh und Holz. — Handschuhe. — Foulards und Leibbinden.

Bezeichnung und Aufstellung:

XI. 1. Gewänder von Seide, aus dem N. Westl. Indien und den Nachbarstaaten, 5 Stücke.
„ 2. Jacken, a) 1 Stück ornamental,
b) 3 Stücke gewöhnlichen Gebrauches.
„ 3. Kopfbedekungen, 8 Formen.
„ 6. Tibetische Stiefel, 1 Paar.
„ 7. Hüte (in den kleinen Kästen), 2 Reihen.
„ 9. Strohhüte, tibetische, 3 Stücke.
„ 35. Tibetische Schuhe und Stiefel, 4 Paar.
„ 36. Wollene Röcke aus Turkistán, 7 Stücke.
„ 37. Grosse tibetische Röcke, 3 Stücke, und kleinere Gegenstände.

XI. 69. Strohhut als Hut und als Regendach.
„ 70. Schilf-Kaputze als Regendach.
„ 130. Kleidungsstücke und Behänge aus Tíbet und Turkistán, 13 Stücke. (Der „Einzug mit den Sikh-Kanonen in Calcutta", europäisches Bild, als Beilage zu den Costümen.)

**Abth. XII. Schmucksachen und Toilettengegenstände der Frauen.**

Fussringe und Armbänder aus Silber, Kupfer, Zink, Bronce, auch Bein, Glas und Holz. — Halsbänder und Kleiderspangen, darunter feine Silberarbeiten. — Fingerringe; Ohrringe; Nasenringe; Zehenringe; Haarschmuck und künstlicher Zopf. — Brochen. — Fächer. — Kämme. — Gold- und Silbertressen.

Bezeichnung und Aufstellung:

XII 75. Etwas über 100 Armringe von Aboriginern, von Indiern, von Tibetern.
„ 76. Fussringe, älteste und neue Formen, 11 Stücke.
„ 77. Nasenringe, von indischen Frauen getragen, 9 St.
„ 78. Ohrenringe und andere Schmuckgegenstände für Gesicht und Ohren.
„ 79. Fingeringe niederer indischer Casten.
„ 80. Schmuckgegenstände von Indiern und Aboriginern, Halsbänder und Halsketten, 16 Stücke.
„ 81. Agraffen aus Tíbet; andere kleine Schmuckgegenstände, tibetisch sowohl als indisch.
„ 88. Amuletten und Schambedeckungen der Aboriginer östlich von Assám, 5 Stücke.
„ 89. Reich ornamentirte Priester-Agraffe.
„ 90. Haar-Zierden, 3 Stücke.

XII. 131. Halsgehänge und ornamental gehaltene Schmuckgegenstände:
a) 20 Stücke, sehr selten,
b) 40 Stücke, in rohen Formen.

„ 150. Diverse Toiletten-Gegenstände, 80 Stücke, vertheilt in den Räumen der grösseren Kisten; in der Halle.

**Abth. XIII. Lackwaaren aus Holz und aus Papiermaché.**

Penale. — Schreibzeuge. — Kästchen. — Schachteln. — Arbeitskästchen. — Teller. — Schmuckbehälter.

Bezeichnung und Aufstellung:

XIII. 51. Indische Lack-Arbeiten, Kästchen und Schaalen; 16 Stücke.

„ 58. Lacklöffel-Gruppe in abnehmender Grösse 1 Päckchen bildend, nebst kleinen Lackwaaren; 12 Stücke.

**Abth. XIV. Papiere und Zeuge.**

Mit Angabe der Localität und des Stoffes; in 9 gebundene Foliobücher vereint, als wesentlich charakteristisch für die orientalische Industrie.

Bezeichnung und Aufstellung:

XIV. 44. Proben der Gewebe-Productionen, sowie der Papieranfertigung aus Indien und aus Hochasien; 351 Stücke, in 9 Folio-Bänden (gebunden). Aufgestellt in München: 70 Papiere, 281 Zeuge.

**Abth. XV. Bücher und Proben der verschiedenen Schriftarten.**

Aus Indien: Manuscripte und Druck von Büchern und Documenten; Briefe der eingebornen Rájas, auch in

der für den Transport vorgeschriebenen Umhüllung; in Tibetisch, Sánskrit, Hindostáni, Pănjábi, Kashmíri, Nepalesisch, Támil und Singhalesisch.

Bezeichnung und Aufstellung:

XV. 41. Proben tibetischer Manuscripte, 40 Stücke.
„ 42. Proben indischer Manuscripte, 9 Stücke.

**Abth. XVI. Hauseinrichtungs-Gegenstände.**

Teppiche. Zeltteppiche. — Grössere und kleinere wollene, auch mit Pelz verbrämte Teppiche aus Tíbet. — Filzteppiche aus Turkistán.

Matten aus Stroh und Bast; aus Baumwolle; aus Filz. — Pelze; roh gearbeitete Thierfelle der Aboriginer.

Betten. Caravanenbett aus Turkistán. (In Indien liegen die Eingeborenen auf Matten.) Aus Indien Bettfüsse zum Matten aufspannen.

Geschirre.

a) Aus Thon: Wassergefässe; Theekannen; Suppenschüsseln, Teller und grosse Schüsseln. Die von Europäern in Indien gebrauchten Irdenwaaren. — Sehr verschiedenartige tibetische Geschirre; Kohlenbecken aus Tíbet; — Bemalte Trinkporcellanschalen aus Turkistán mit Lederetuis für Transport.

b) Aus Holz: Löffel, Schüsseln, Teller mit schönen Ornamenten. — Turkistanisches Servicebrett.

c) Aus Metall: Löffel, Schüsseln, Theekannen, Trinkgefässe, Serviceplatten.

Bezeichnung und Aufstellung:

XVI. 52. Altindisches Ruhekästchen.

XVI. 59. Holz- und Elfenbein-Kästchen, eingelegt; 3 Stücke.
„ 60. Hindú-Bronce-Geräthe; Teller, 6 Stücke.
„ 61. Holzbüchsen mit Deckeln, 3 Stücke.
„ 63. Holzkasten mit Blech, indische Form.
„ 65. Thonwaaren, nebst Kochgeschirr aus Kupfer, indische Formen und Arbeiten. (Indo-europäischer Heisswasser-Teller aus England als Beigabe). — Auch Schreibzeuge, Messer, Scheeren u. s. w., 60 Stücke.
„ 83. Kiste mit Hausgeräthen, meist tibetisch, auch 1 Priesterpauke und Cultus-Objecte (noch in Schloss Jägersburg).
„ 84. Zahlreiche Hausgeräthe, auch mittelgrosse Gebrauchsgegenstände, in die grössern Kisten bei Verpacken vertheilt, wie Húkas, Reibzeug aus Holz für Feuer, Matten u. s. w.
„ 85. Hausgeräthe und decorative Gegenstände, mittelgross.
„ 92. Metallgefäss, Hausgeräthe; 7 Stücke.
„ 104. Altindischer Fussschemmel.
„ 105. Südindische Bast-Matten.
„ 106. Indische Stäbchen-Matten.
„ 128. Ornamentaler indischer Reisestock.
„ 132. Gefässe von Thon, 5 Stücke.
„ 133. Gefäss aus weissem Stein.

### Abth. XVII. Kleinere häusliche Geräthe.

Betelbüchsen und Betelbeutel. — Messer zum Betelschneiden. — Schlösser. — Schnupftabaksdosen. — Tabakspfeifen. — Tintenzeuge. — Feuerzeuge. — Schneebrillen. — Spielzeuge für Kinder. — Siegel, private und amtliche. — Gehänge mit Pincette, Nadel etc. für den Leibgurt. —

Gurten für Reisegegenstände. — Luntenstricke. — Spiegel. — Sonnenschirme. — Regenschirme. — Scheeren. — Buttergefäss. — Spielkarten. — Waschgeräthe. — Sehr verschiedenartige Schreib- und Tintenzeuge.

Bezeichnung und Aufstellung:

XVII. 4. Indische Regenschirme.
„ 5. Indischer Fächer mit Pfauenfedern.
„ 8. Steinhammer.
„ 67. Altindische Oelbrenner.
„ 82. Priestergeräthe und kleine Hausgeräthe, meist aus Tíbet. In München aufgestellt.
„ 86. Spielkarten: a) flache cylindrische; b) gebogene, als Hohlkugel-Segmente gestaltete; tibetisch, 2 Spiele.
„ 87. Tibetische Würfel.
„ 91. Vorhängschlösser, 2 Stücke.
„ 97. Lépcha-Speisestäbchen mit Messer.
„ 137. Hausgeräthe, kleinere; verpackt in der Halle.

**Abth. XVIII. Korbwaaren.**

Zierkörbchen (aus Bombay) aus Kokusnussfasern mit Käferflügeln besetzt. — Korb mit Leder als Reisekoffer. — Farbige Körbchen aus Südindien. — Cylindrische, sphärische und rechteckige Körbchen für häuslichen Gebrauch; für Schmucksachen.

Bezeichnung und Aufstellung:

XVIII. 46. Korbgeflechte aus Bast, 4 Stücke.
„ 48. Indische geflochtene Kästchen, 4 Stücke.
„ 53. Korb- und Rohrwaaren, 20 Stücke.
„ 54. Früchtenkorb von Holz.
„ 55. Altindischer lackirter Korb, grosse Form.
„ 56. Altindischer lackirter Korb, kleinere Form.

**Abth. XIX. Ledergefässe.**

Lederschlauch, statt Boot, zum Uebersetzen über Flüsse — d. i. Haut mit Zubehör. — Wasserschläuche als Gepäckstücke für Menschen und für Thiere. — Oelgefäss.

Bezeichnung und Aufstellung:

XIX. 57. Wassertaschen aus Leder, 2 Stücke.
„ 134. Lederschlauch zum Aufblasen: beim Uebersetzen über Flüsse, mit 2 Rudern, in reitendem Sitze benützt.
„ 135. Schläuche aus Leder zum Wassertragen, 3 Stücke.
„ 136. Amphoraartiges Gefäss aus Leder.

**Abth. XX. Agriculturgeräthe; Instrumente und Maasse.**

Die ersteren sind, wegen ihrer Grösse, sämmtlich in der Halle. Die Reihe enthält Pflüge, Eggen, Dreschflegel aus Tíbet (in Indien wird von Vieh „ausgetreten"), Spaten, Schaufeln, Hämmer, Ruder, Taue, Stricke, tibetische Seilbrücke, Lépcha-Bergwerkshammer, Waagen, Messgefässe und Maassstäbe.

Von den Ackergeräthen wurden wegen der eigenthümlichen, in gewisser Anwendung auch practisch zu berücksichtigenden Formen, auf Veranlassung der Hohenheim'schen Akademie für Landwirthschaft verkleinerte Modelle noch angefertigt.

Bezeichnung und Aufstellung:

XX. 68. Ein Lépcha-Längemaass aus Síkkim.
„ 138. Die Pflüge von Indien, Tíbet und Turkistán; als complet zu betrachtende Reihe. 7 Stücke, aufgestellt in der Halle.
„ 139. Getreidemühlen, 5 Modelle der Eingebornen, verpackt in der Halle.

XX. 140. Dreschflegel aus Tíbet, breit und flach; in der Halle.

„ 141. Eggen aus Indien und aus Tíbet, 3 Stücke; in der Halle.

„ 142. Joche für Zebu- und für Yak-Vieh, 3 Stücke; in der Halle.

„ 143. Ackergeräthe, Modelle in reducirter Grösse; in München.

„ 145. Seilbrücke mit Holzknie, Original; aus Tíbet.

„ 155. Kleinere Geräthe: Waage, Gefässe; aus Indien und aus Tíbet.

## Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

*Von der physical.-medicin. Gesellschaft in Würzburg:*

Verhandlungen. Neue Folge. XI. Bd. 1877. 8.

*Von der naturforschenden Gesellschaft in Dorpat:*

Archiv für die Naturkunde. I. Serie: VIII. Bd. II. Serie Bd. VII. 3. 1876. 77. 8.

*Von der deutschen geologischen Gesellschaft in Berlin:*

Zeitschrift. XXIX. Bd. Januar—März 1877. 1877. 8.

*Vom Verein für siebenbürgische Landeskunde in Hermannstadt:*

a) Archiv. Neue Folge. 13. Bd. 1876. 77. 8.
b) Jahresbericht für das Vereinsjahr 1875/76. 8.

*Vom naturhistorischen Verein in Augsburg:*

24. Bericht im Jahre 1877. 1877. 8.

*Von der Senkenbergischen naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt a./M.:*

Bericht 1875—76. 1877. 8.
Abhandlungen. Bd. I. 1877. 4.

*Vom zoologisch-mineralogischen Verein in Regensburg:*

Correspondenz-Blatt. Jahrgang XXX. 1876. 8.

*Von der k. k. Akademie der Wissenschaften in Krakau:*

Antropologia, Tom. I. 1877. 8.

*Vom Verein für Erdkunde zu Halle a./S.:*

Mittheilungen 1877. 1877. 8.

*Von der G. Schwetschke'schen Verlagsbuchhandlung in Halle a./S.:*

Die Natur. Zeitung zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntniss. 1877. No. 1—31. 32. 4.

*Von der k. bayer. Central-Landwirthschaftsschule in Weihenstephan:*

Mittheilungen aus dem Weihenstephaner Laboratorium von Prof. Dr. Lintner. Freising 1877. 8.

*Von der k. Sternwarte zu Münster:*

Resultate der in den 43 Jahren 1833—1875 angestellten Sternschnuppen-Beobachtungen von Ed. Heis. 1877. 4.

*Von der naturforschenden Gesellschaft in Emden:*

62. Jahresbericht 1876. 1877. 8.

*Vom naturhistorisch-medicinischen Verein in Heidelberg:*

Verhandlungen. Neue Folge. Bd. II. 1877. 8.

*Von der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Giessen:*

16. Bericht. Im Juni 1877. 8.

*Von der naturforschenden Gesellschaft in Freiburg i./B.:*

Berichte über die Verhandlungen. Bd. VII. 1877. 8.

*Von der Società italiana di scienze naturali in Milano:*

Atti. Vol. XIX. Fogli 1—24. 1876. 77. 8.

*Von der Accademia Gioenia di scienze naturali in Catania:*

Atti. Serie 3. Tom. IX. 1876. 8.

*Von der Académie des sciences in Paris:*

Comptes rendus. Tom. 85 1877. 4.

*Von der Royal Irish Academy in Dublin:*

a) Transactions. Science. Vol. XXVI. 1875—76. 4.
b) List of the Membres, July 1876. 1876. 8.

*Von der Zoological Society in London:*

a) Transactions. Vol. X. 1877. 4.
b) Proceedings. 1877. Part. I. 1877. 8.
c) „ 1876. Part. IV. 1877. 8.

*Von der Royal Institution of Great Britain in London:*

Proceedings. Vol. VIII. 1876. 8.

*Vom War Departement, Surgeon General's Office in Washington:*

Circular No. 9: Report on the Transport of Sick and Wounded, by G. A. Otis. 1877. 4.

*Von der U. S. Geological and geographical Survey of the Territories in Washington:*

Bulletin of the U. S. Entomological Commission. No. 1—2. 1877. 8.

*Von der Société botanique de France in Paris:*

Bulletin. tom. XXIV. 1877. 8.
Bulletin. Tom. XXI. 1875. Session extraordinaire d'Angers 1875. 8.

*Von der Société des sciences physiques et naturelles in Bordeaux:*

Mémoires. 2e série. Tom. II. 1877. 8.

*Von der Société d'histoire naturelle in Colmar:*

Bulletin. Années 16 et 17. 1875 et 1876. 1877. 8.

*Von der Finnischen Gesellschaft der Wissenschaften in Helsingfors:*

a) Bidrag till kännedom of Finlands Natur och Folk. Heft 20. 25. 26. 1876—77. 8.
b) Observations météorologiques. Année 1874. 1876. 8.

*Vom Instituto y Observatorio de marina in San Fernando, Cadiz:*

Almanaque nautico para 1878. Madrid 1877. 8.

*Von der Società dei Naturalisti in Modena:*

Annuario. Anno XI. 1877. 8.

*Von der Société Impériale des Naturalistes in Moskau:*

Bulletin 1877. 1877. 8.

*Von der k. Akademie der Wissenschaften in Stockholm:*

Meteorologiska Jakttagelser. Vol. 16. 1876. 4.

*Von der Sternwarte in Leiden:*

Catalogus van de Boeken in de Bibliotheek der Sterrenwacht te Leiden. s' Gravenhage 1877. 8.

*Vom statistischen Bureau der Hauptstadt Budapest:*

Publicationen. No. XIII. XIV. Berlin 1877. 8.

*Vom Departement of the Interior in Washington:*

Report on the Rocky-Mountain Locust, by A. S. Packard. 1877. 8.

*Von der American Geographical Society in New-York:*

Journal. Vol. 5. 6. 1874. 1874—76. 8.

*Von der Staats-Ackerbau-Behörde von Ohio in Columbus:*

30. Jahresbericht f. d. J. 1875. 1876. 8.

*Von der American Academy of Arts & Sciences in Boston:*

Proceedings. New Series. Vol. 4. 1877. 8.

*Von der American Medical Association in Washington:*

Transactions. Vol. XXVII. und Supplement zu Vol. XXVII. Philadelphia 1876. 8.

*Vom Essex Institute in Salem:*

Bulletin. Vol. 8. 1876. 8.

*Von der Redaction des American Journal of Science and Arts in New-Haven:*

The American Journal of Science and Arts. Vol. 13. 14. 1877. 8.

*Von der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Petersburg:*

Das fünfzigjährige Doctorjubiläum des Akademikers Geheimrath Johann Friedrich Brandt am 12.(24.) Januar 1876. 1877. 8.

*Von der Société malacologique de Belgique in Brüssel:*

Annales Tom I—X. Année 1863—75. 8.

*Vom Museum of comparative zoology at Harvard College in Cambridge, U. S. A:*

Memoirs. Vol. V. 1877. 4.

*Von der astronomischen Gesellschaft in Leipzig:*

Vierteljahrsschrift. 12. Jahrgang. 1877. 8.

*Von der Gesellschaft böhmischer Mathematiker und Physiker in Prag:*

Archiv mathematiky a fysiky. Tom I. 1875—76. 8.

*Von dem Museum des Kgr. Böhmen in Prag:*

Vortrag des Geschäftsleiters in der General-Versammlung der Gesellschaft des Museums des Kgr. Böhmen am 25. Mai 1877. 8.

*Vom Verein für Erdkunde in Leipzig:*

Mittheilungen 1876. 1877. 8.

*Von der k. k. Akademie der Wissenschaften in Krakau:*

a) Rozprawy (Sitzungsberichte), Mathem. Classe Tom. III. 1876. 8.
b) Sprawozdanie komisyi fizyjograf. Tom. X. 1876. 8.

*Vom k. preuss. geodätischen Institut in Berlin:*

Astronomisch-geodätische Arbeiten im J. 1876. 1877. 4.

*Von der naturforschenden Gesellschaft in Bamberg:*

11. Bericht für 1875 und 1876. 1876. 8.

*Von der Sternwarte des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich:*

Schweizerische meteorologische Beobachtungen. XIII. Jahrgang 1876. 1876—77. 4.

*Von der naturforschenden Gesellschaft in Danzig:*

Schriften. Neue Folge. Bd. IV. 1876. 8.

*Von der k. ungarischen geologischen Anstalt in Budapest:*

Mittheilungen aus dem Jahrbuche. Bd. VI. 1877. 8.

*Vom Siebenbürgischen Verein für Naturwissenschaften in Hermannstadt:*

Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 27. 1877. 8.

*Von der Université catholique in Louvain:*

a) De febre puerperali auct. Ern. Lambert. 1876. 8.
b) Recherches sur les acides chloro-bromo-propioniques glycériques par U. Wareg-Massalski. 1875. 8.

*Vom R. Comitato geologico d' Italia in Rom:*

Memorie per servire alla descrizione della carta geologica d' Italia. Vol. III. 1876. 4.

*Von der R. Accademia dei Lincei in Rom:*

Atti. Anno 274. 1876—77. Serie III. Transunti Vol. I. 1877. 4.

*Von der Società adriatica di scienze naturali in Triest:*

Bolletino. Vol. III. 1877. 8.

*Von der Zoological Society in Philadelphia:*

The 5th annual Report, read April 26th 1877. 8.

*Von der American Pharmaceutical Association in Philadelphia:*

Proceedings at the 24th annual Meeting held in Philadelphia 1876. 1877. 8.

*Vom Department of Agriculture in Washington:*

a) Monthly Reports for the years 1875 & 1876. 1876—77. 8.
b) Report of the Commissioner of Agriculture for the year 1875. 1876. 8.

*Vom Department of the Interior in Washington:*

a) Report of the U. S. Geological Survey of the Territories, by F. V. Hayden. Vol. II. 1875. 4.

b) The Grotto Geyser of the Yellowstone National Park. s. a. fol.

c) Catalogue of the Publications of the U. S. Geological Survey of the Territories. 2^d ed. 1877. 8.

*Vom U. S. Naval Observatory in Washington:*

Astronomical and meteorological Observations made during the year 1874. 1877. 4.

*Vom Lyceum of natural history in New-York:*

Proceedings II^d Series No. 1—4. 1873—74. 8.

*Von der Academy of natural Sciences in Davenport, Jowa:*

Proceedings. Vol. I. 1867 - 1876. 1876. 8.

*Von der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien:*

a) Denkschriften. Mathem.-naturw. Cl. Bd. 36. 1876. 4.

b) Sitzungsberichte. Mathem.-naturw. Classe.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| I. Abtheil. | Bd. | 72. | Heft | 1—5. | |
| | „ | 73. | „ | 1—5. | |
| | „ | 74. | „ | 1 u. 2. | |
| II. Abtheil. | „ | 72. | „ | 1—5. | |
| | „ | 73. | „ | 1—3. | |
| | „ | 74. | „ | 1 u. 2. | |
| III. Abtheil. | „ | 71. | „ | 3—5. | |
| | „ | 72. | „ | 1—5. | |
| | „ | 73. | „ | 1—5. | 1875—1876. 8. |

*Vom Verein für Erdkunde in Dresden:*

XIII. u. XIV. Jahresbericht. 1877. 8.

*Von der landwirthschaftlichen Centralschule in Weihenstephan:*

Jahresbericht pro 1876/77. 1877. 8.

*Von der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Yokohama:*

Mittheilungen. 11. Heft. Novemb. 1876. 4.

*Vom Meteorological Department of the Government of India in Calcutta:*

a) Indian Meteorological Memoirs. Vol. I. 1876. fol.
b) Report on the Meteorology of India in 1875. By Henry F. Blanford. I. year. 1877. fol.
c) Report of the Vizagapatam and Backergunge Cyclones of October 1876, by J. Elliott. 1877. fol.
d) Report on the Administration of the Meteorological Department of the Government of India in 1875—76. 1877. fol.

*Von der Lese- und Redehalle der k. k. technischen Hochschule in Wien:*

Jahresbericht 5. Vereinsjahr 1876/77. 1877. 8.

*Von der k. k. Universität in Graz:*

Die Selbstverdauungs-Processe der Magenschleimhaut von Hanns Kundrat. 1877. 8.

*Von der physikalischen Gesellschaft in Berlin:*

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1872. XXVIII. Jahrgang. 1876—77. 8.

*Vom naturhistorischen Verein der preuss. Rheinlande in Bonn:*

Verhandlungen. Jahrgang 34.

*Von der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien:*

Mittheilungen. 19. Bd. 1876. 8.

*Vom botanischen Verein in Landshut:*

6. Bericht über die Vereinsjahre 1876/77. 1877. 8.

*Von der meteorologischen Centralanstalt in Zürich:*

Schweizerische meteorologische Beobachtungen. 14. Jhrg. 1877. 1877. 4.

*Vom naturwissenschaftl. Verein in Magdeburg:*

7. Jahresbericht. 1877. 8.

*Von der Gesellschaft böhmischer Chemiker in Prag:*

Zprávy. Bd. III. 1877. 8.

*Von der Accademia Pontificia di Nuovi Lincei in Rom:*

Atti. Anno XXX. Sessione IV. 1877. 4.

*Von der Société Royale des sciences naturelles in Luxemburg:*

Carte géologique du Grand-Duché de Luxembourg, par N. Wies etc. 8 Blatt. fol. 1877, nebst Text in 8.

*Von der R. Astronomical Society in London:*

Monthly Notices. Vol. XXXVIII. 1877. 8.

*Von der Société entomologique de Belgique in Brüssel:*

Annales. Tom. XX. 1877. 8.

*Von der Société des sciences naturelles in Neuchatel:*

Bulletin. Tom. XI. 1877. 8.

*Von der Società Toscana di scienze naturali in Pisa:*

Atti. Vol. III. 1877. 8.

*Von dem Institut Royal Grand-Ducal, Section des sciences naturelles in Luxemburg:*

Publications. Tom. 16. 1877. 8.

*Vom Observatoire Royal in Brüssel:*

a) Annales. Tom. XXIII. XXIV. XXV. 1874—77. 4.
b) Annuaire. 1877. 44e année 1876. 8.
c) Essai sur la vie et les ouvrages de L. A. J. Quetelet par Ed. Mailly. 1875. 8.
d) Notices extraites de l'annuaire de l'Observatoire royal de Bruxelles pour 1875 et 1876. 8.
e) Memoire sur la température de l'air à Bruxelles 1833—1872. (Supplément); par Ern. Quetelet. 1876. 4.

*Von der Académie des sciences in Lyon:*

Memoires. Classe des sciences. Tom. XXII. 1876—77. 8.

*Vom Herrn A. Kölliker in Würzburg:*

Ueber die Jakobson'schen Organe des Menschen. Festschrift. 1877. 4.

*Vom Herrn Emanuel Böricky in Prag:*

Die Arbeiten der chemisch-petrologischen Abtheilung der Landesdurchforschung von Böhmen. III. Bd. V. Abth. 1877. 8.

*Vom Herrn Beyrich in Berlin:*

Ueber jurassische Ammoniten von Mombassa. 1877. 8.

*Vom Herrn Carl Hornstein in Prag:*

Astronomische, magnetische und meteorologische Beobachtungen an der k. Sternwarte zu Prag i. J. 1876. 37. Jahrg. 1877. 4.

*Vom Herrn Gerhard vom Rath in Bonn:*

a) Mineralogische Beiträge. 1877. 8.
b) Vorträge und Mittheilungen in der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. 1877. 8.
c) Mineralogische Mittheilungen (Neue Folge). Leipzig 1877. 8.

*Vom Herrn Rudolf Wolf in Zürich:*

Astronomische Mittheilungen No. XLIV. 1877. 8.

*Vom Herrn A. Mühry in Göttingen:*

Ueber die exacte Natur-Philosophie. 1877. 8.

*Vom Herrn Carl Friedrich Majer in München:*

General-Bericht über die Cholera-Epidemieen im Königreich Bayern 1873 u. 74. 1877. 8.

*Vom Herrn Wilhelm Dokoupil in Bistritz:*

Das Eisen als Baustoff. 1877. 8.

*Vom Herrn Hermann Scheffler in Braunschweig:*

Die Naturgesetze und ihr Zusammenhang mit den Prinzipien der abstrakten Wissenschaften. Theil I. II. Leipzig 1876—77. 8.

*Vom Herrn Amand Baumgarten in Kremsmünster:*

a) Geschichte der Sternwarte der Benediktiner-Abtei Kremsmünster. Von P. Sigmund Fellöcker. Linz 1864. 4.
b) Mittlere Oerter von Fixsternen nach den Beobachtungen der Sternwarte Kremsmünster 1877, von P. G. Strasser. 1877. 8.

*Vom Herrn P. Käuffer in Kaiserslautern:*

Die Arbeit des Dampfes in der Dampfmaschine. s. l. 1877. 4.

*Vom Herrn R. Claudius in Bonn:*

Die Potentialfunktion und das Potential. 1877. 8.

*Vom Herrn Thomas Belt in London:*

The glacial Period in the Southern Hemisphere. 1877. 8.

*Von den Herren A. Hirsch und E. Plantamour in Genf:*

Nivellement de précision de la Suisse par A. Hirsch et E. Plantamour. Livr. VI. 1877. 4.

*Vom Herrn C. Berg in Buenos-Aires:*

a) Untersuchungen über die Gattung Mimallo Hübner's und ihre Arten. s. l. s. a. 8.
b) Patagonische Lepidopteren. Moskau 1876. 8.
c) Enumeracion de las plantas européas que se hallan como silvestres en la provincia de Buenos-Aires y en Patagonia. 1877. 8.
d) Orugas acuáticas de la familia de Bombycidae. Palustra Azollae y Palustra tenuis. 1876. 8.
e) Estudios lepidopterológicos. 1877. 8.

*Vom Herrn Johann Ritter von Puscarin in Budapest:*

Das Stereometer. 1877. 8.

*Vom Herrn E. Regel in St. Petersburg:*

Descriptiones plantarum novarum et minus cognitarum fasc. I. 1877. 8.

*Vom Herrn P. de Tchihatcheff in Paris:*

La végétation du globe par A. Grisebach, traduit par P. de Tchihatcheff. Tom. II. fasc. 2. 1878. 8.

*Vom Herrn Richard Owen in London:*

Description of the fossil Reptilia of South Africa. Vol. I. Tent. Vol. II Plates. 1876. 4.

*Vom Herrn John Ericsson in New-York:*

Contributions to the Centennial Exhibition. 1876. 4.

*Vom Herrn Fortunato Pasquale in Neapel:*

Sopra alcune mostruosità del fiore della viola odorata etc. e sulla teoria della peloria in generale. 1877. 4.

*Vom Herrn A. Ecker in Freiburg:*

a) Ueber den queren Hinterhauptswulst am Schädel verschiedener europäischer Völker. s. l. 1877. 4.
b) Zur Kenntniss des Körperbaues früherer Einwohner der Halbinsel Florida. s. l. 1877. 4.

*Vom Herrn Max Braun in Würzburg:*

Lacerta Lilfordi und Lacerta muralis. 1877. 8.

*Vom Herrn E. Plantamour in Genf:*

Détermination télégraphique de la différence de longitude entre l'observatoire de Zurich et les stations astronomiques du Pfänder et du Gäbris. 1877. 4.

*Vom Herrn John J. Stevenson in New-York:*

Report of progress in the Greene and Washington District of the bituminous coal-fields of Western Pennsylvania. Harrisburg 1876. 8.

*Vom Herrn F. V. Hayden in Washington:*

Annual Report of the U. S. Geological Survey of the Territories for the years 1873 & 1874. 1874—76. 8.

*Vom Herrn Karl Weihrauch in Dorpat:*

Zehnjährige Mittelwerthe (1866 bis 1875) nebst neunjährigen Stundenmitteln (1867 bis 1875) für Dorpat. 1877. 8.

*Vom Herrn O. C. Marsh in New-Haven:*

Introduction and Succession vertebrate life in America. 1877. 8.

*Vom Herrn P. Riccardi in Modena:*

a) Sulle opere di Alessandro Volta. 1877. 4.
b) Lettera a Cesare Correnti, Presidente della società geografica ital. 1877. 4.

*Vom Herrn Josiah P. Cooke in Cambridge:*

Contributions from the chemical Laboratory of Harvard-College. 1877. 8.

*Vom Herrn Carl Gegenbaur in Heidelberg:*

Grundriss der vergleichenden Anatomie. 2. Aufl. Leipzig 1878. 8.

*Vom Herrn Augustino Todaro in Palermo:*

Hortus botanicus Panormitanus. Vol. I. 1877. fol.

*Vom Herrn Melsens in Brüssel:*

Des paratonnerres établis sur l'Hôtel de ville de Bruxelles en 1865. 1877. 8.

*Vom Herrn Giuseppe Coco Zanghy in Catania:*

Un' errata-corrige proposta in Zoologia ovvero il mio viaggio in Tiberia de ed il vero pesce di S. Pietro. 4.

*Vom Herrn A. P. Bogdanow iu Moskau:*

Forma i sreda etc. (russisch) Form und Mitte in ihren Beziehungèn zur Zoologie und Medicin. 1877. 4.

*Vom Herrn M. Deydier in Oran:*

La locomotion aérienne. 1877. 8.

# Sach-Register.

# Namen-Register.